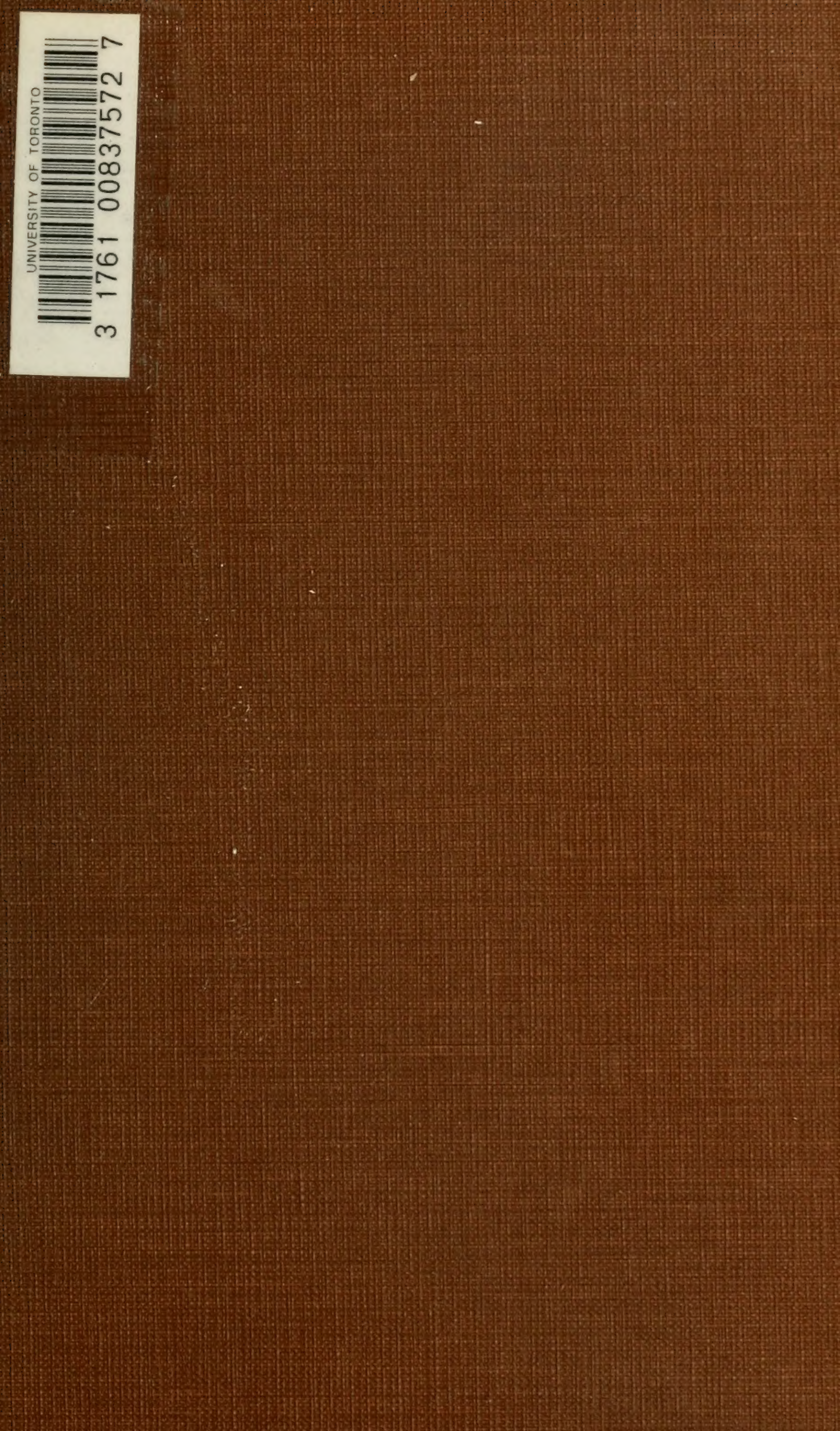

UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 00837572 7

Synthesis

Der Begriff des Lebens

Synthesis

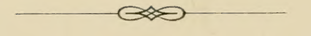
Sammlung historischer Monographien philosophischer Begriffe

Band II

Der Begriff des Lebens

von

Adolf Stöhr



Heidelberg 1909
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

I

Der Begriff des Lebens

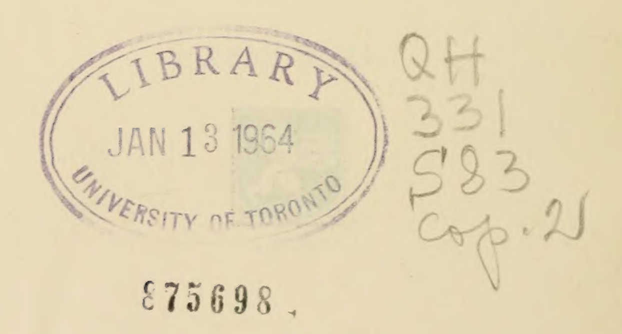
Von

Adolf Stöhr
Professor an der Universität Wien



Heidelberg 1909
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Verlags-Nr. 373.


LIBRARY
JAN 13 1964
UNIVERSITY OF TORONTO
QH
331
S83
Cop. 2

Vorwort.

Die nachfolgenden Blätter sollen nicht eine Geschichte der Entdeckung der Tatsachen des Lebens und auch nicht eine Geschichte der sich anhäufenden Hypothesen darbieten, sondern die Entwicklung des Begriffes des Lebens und der Merkmale dieses Begriffes zu beschreiben versuchen. Die Tatsachen und die Hypothesen wurden soweit herangezogen, als sie auf die Begriffsbildung gewirkt, und soweit die Begriffe auf die Hypothesen und die Interessen der Forschung zurückgewirkt haben. Wir stehen hier keiner abgeschlossenen Begriffsgeschichte gegenüber. Der Begriff des Lebens ist noch im Werden und der Begriffsspaltung unterworfen. Das Thema gehört dem Grenzgebiete der Naturwissenschaft und der Philosophie an. Es ist kaum zu vermeiden, daß die Behandlung manchem Naturforscher zu philosophisch und manchem Philosophen zu naturwissenschaftlich erscheinen wird. Es gibt viele Begriffsbildungen in den naturwissenschaftlichen Hypothesen und in den exakten Forschungsberichten, doch nicht selten überallhin verteilt, und mitunter wie etwas Nebensächliches, mitunter wie etwas Selbstverständliches, nur in dieser Form Mögliches eingeflochten. Es scheint zeitgemäß zu sein, die Aufmerksamkeit dem Vorstel-

lungsinhalte des Lebensbegriffes und seiner Merkmale zuzuwenden und nach bescheidenen Kräften zur Annäherung der Philosophen und der Naturforscher auch auf diesem nicht ganz uninteressanten Gebiete beitragen zu wollen.

15. Mai 1909.

Adolf Stöhr.

Inhalt.

1. Antike Lebensbegriffe.

Das Leben ist ein vieldeutiges Wort, wie schon Aristoteles sagt. Es bedeutet bald Verstand, bald Empfindung, bald Bewegung und Stillstehen, bald Wachsen durch Nahrung und bald Dahinschwinden ohne sie. Wo wir auch nur eine von diesen Tatsachen antreffen, dort sprechen wir schon von Leben. Die Pflanzen zum Beispiele heißen lebend, weil sie durch Nahrung wachsen.[1]

Es hat lange gedauert, bis sich dieses Begriffsgemenge in Einzelbegriffe auflöste. An der Arbeit dieser Entwirrung ist das verflossene Jahrhundert stärker beteiligt als die vorhergegangenen Jahrtausende. Die Erfindung des Mikroskopes und die Entstehung der Chemie haben das Heranreifen der einzelnen Begriffe vor allem ermöglicht.

Von den alten Griechen wurden folgende Tatsachen unter den Lebensbegriff zusammengefaßt: Bewußtsein im Sinne von Verstand, Vernunft, Erkenntnis durch Begriffe, Erfassung solcher Wirklichkeiten, die den Sinnen verborgen bleiben; dann Bewußtsein

[1] „πλεοναχῶς δὲ τοῦ ζῆν λεγομένου, κἂν ἕν τι τούτων ἐνυπάρχει μόνον, ζῆν αὐτό φαμεν, οἷον νοῦς, αἴσθησις, κίνησις καὶ στάσις ἡ κατὰ τόπον, ἔτι κίνησις ἡ κατὰ τροφὴν καὶ φθίσις τε καὶ αὔξησις. διὸ καὶ τὰ φυόμενα πάντα δοκεῖ ζῆν.“ περὶ ψυχῆς B. 2, 413, a. 22.

im Sinne von Empfindung, Phantasievorstellung, Lust, Unlust, Begierde, Wille, Liebe und Haß; die Bewegung wird in verschiedenem Umfange in den Lebensbegriff aufgenommen. Bei Thales, Anaximander, Anaximenes, Empedokles gehört jede beliebige Bewegung eines jeden beliebigen Dinges, auch die Bewegung eines fallenden Blattes, die Bewegung des Wassers, der Sonnenstäubchen und der Luft zu den Lebenserscheinungen. Aristoteles berücksichtigt nur mehr die Bewegungen der Tiere und des Menschen, soweit diese Bewegungen durch eigene, dazu dienende Organe erst möglich werden. Ferner gehört zum Leben das Wachstum durch Selbsternährung. Diese Ernährung wird noch nicht chemisch gemeint, sondern nur im allgemeinen als eine feinste Zerkleinerung mit nachfolgender Auslese an dem Orte des Verbrauches und der Einlagerung. Selbst die Pflanzen verhalten sich nach Aristoteles hierin tätig, indem sie ihre Nahrung mit den Wurzeln aus der Erde wählend saugen. Endlich gehört zum Leben die durch Gestalt und Größe charakterisierbare Formung unter der Voraussetzung einer beständigen Forterhaltung der Formung durch Selbsternährung.

Der Lebensbegriff der älteren jonischen Naturphilosophen und noch des Empedokles verbindet die Bewegungen der von uns lebendig und der von uns leblos genannten Materie ausnahmslos mit der Annahme psychischer Phänomene. Die Bewegung des eigenen Körpers wird gesehen und gleichzeitig als Willkürakt empfunden. Es gilt dann für selbstverständlich, daß ein sich selbst bewegender Körper anderer Art auch seine Bewegung empfinde und wolle. Sowie wir im Schlafe berührt und bewegt werden können, ohne es zu empfinden, so kann auch jedes sogenannte leblose Ding berührt

und bewegt werden, ohne daß es die Bewegung empfinden müsse. Bewegung im allgemeinsten Sinne gehört dann mit Bewußtsein so untrennbar zusammen, wie etwa im modernen Denken die Ausfüllung des Raumes und die Undurchdringlichkeit. Es kostet einige Mühe, sich in den Zustand des naiven Denkens der alten Jonier mit historischer Wahrscheinlichkeit zurückversetzen. Da mag nun dieses Beispiel der Undurchdringlichkeit uns dienlich sein.

Es gilt ziemlich allgemein für selbstverständlich, daß ein begrenzter, erfüllter Raum, wie etwa der eines Atomes niederster Ordnung, die Undurchdringlichkeit für ein zweites Atom an sich haben müsse, weil zwei Atome nicht zur selben Zeit im selben Raume sein können. Eigentlich ist dies nicht selbstverständlich, sondern nur eine geläufige Vorstellung aus unserer Erfahrung über Aggregate sichtbarer Größe. Die letzten Atome oder Uratome könnten ebensogut durchdringlich sein. Wenn jedes Uratom seinen Raum mit der Qualität x ausfüllt, so haben zwei Uratome während der Durchdringung die doppelte Erfüllung oder zwei x. Dieses x kann nämlich etwas anderes sein als Bewegungswiderstand; dieses x kann eine Richtungsänderung während der Durchdringung verursachen, ohne daß diese Änderung durch einen Bewegungswiderstand erklärt werden müßte. Es kann auch ein unmittelbares Gesetz der wechselseitigen Beeinflussung der Bewegungsrichtungen und Bewegungsgrößen im Augenblicke der Berührung geben. Die Durchdringung der Qualität y kann sich auch als eine Empfindungsbestimmung geltend machen. Dem modernen Denken fallen alle diese Erwägungen sehr schwer, weil das betreffende Begriffsgemenge (Raumerfüllung und Undurchdringlichkeit) noch nicht getrennt ist. Die Hypothese der

punktuellen Atome zeigt übrigens bereits den Anfang einer Begriffsscheidung. Ein ausdehnungsloser Punkt wird als ein Bewegungswiderstand behandelt.

Wie schwer es nun uns fällt, Raumerfüllung und Undurchdringlichkeit auch nur begrifflich zu trennen, so schwer dürfte es den älteren jonischen Naturphilosophen gewesen sein, den Begriff der Bewegung mit dem Begriffe der Empfindung und des Wollens nicht zu verbinden. Man wird sich daher besser ausdrücken, wenn man sagt, es sei diesen Denkern nicht eingefallen, diese Begriffe zu trennen. Wenn überhaupt der hypothetische Charakter dieser Bewußtseinsannahmen empfunden wurde, so galt jedenfalls diese Hypothese als die einzig diskutierbare. Es gab eigentlich keinen Unterschied zwischen belebten und unbelebten Körpern. Alles lebt, πάντα ζῇ, es gibt nur einen Unterschied zwischen schlafenden und wachen Körpern, zwischen organisierten und nichtorganisierten. Diesen Standpunkt des Panzoismus nahmen ein: Thales, Anaximander, Anaximenes, Heraklit, Empedokles. Der Lebensbegriff wird hier nicht auf Wesen beschränkt, die besondere Bewegungsorgane besitzen. Auch die organlose Bewegtheit der Luft, des Wassers, des fallenden Blattes gilt schon für Selbstbewegung, für materielles und zugleich psychisches Leben. Die organisierten Körper sind nur ein engeres Gebiet der belebten. Die hinzukommenden Eigenschaften des Wachstums durch Selbsternährung, der Selbstformung und der Selbstbeweglichkeit durch Organe ergeben sich als Resultierende aus den einfachen organlosen Selbstbewegungen der Teile. Die bewegte Materie ist selbst die eine Art Leben und hat die andere Art, nämlich das Bewußtsein, wie ein unverlierbares Eigentum. Andrerseits ist das Bewußtsein selbst die eine Art

Leben, die eine andere Art Leben, nämlich bewegte Materie, als ihr Eigentum hat.

Das wache Bewußtsein ist nach der panzoistischen Denkweise nicht an die Materie schlechthin, sondern nur an die Materie im bewegten Zustande gebunden. Der materiellen Ruhe entspricht der Bewußtseinsschlaf. Schwer bewegliche Dinge und solche, die sich nicht durch eigene Organe bewegen, sind daher zwar auch geistig belebt, aber doch nur im Sinne des Schlafes und der Fähigkeit zum Erwachen. Heraklit nahm eine feinst verteilte Materie, den Uräther oder πῦρ ἀείζωον an, wovon vor der Entstehung dieser Welt einst der ganze Weltraum gleichmäßig erfüllt gewesen sei. An die feine, gleichmäßige, überall vorhandene Innenbewegung dieses Uräthers sei höchste Vernunft, λόγος, gebunden gewesen. Ein Teil dieses Logosleibes verwandelte sich in die gegenwärtige Welt von gröberer Materie und der Logos, das Vernunftleben dieses Leibes, wurde um so träger und verdorbener, je schwerfälliger die groben Aggregate sich bewegten. Wo die Teile ganz zur Ruhe kamen, dort schlief nicht nur die Vernunft, sondern überhaupt jede Empfindung ein. Diese Welt soll sich einst wieder in den Uräther auflösen; dabei wird jede schlummernde Empfindung wieder erwachen und das Bewußtsein der ganzen Welt zuletzt wieder zum höchsten Logos werden, so wie auch die gesamte gröbere Materie wieder in den Uräther aufgelöst wird. Dieses Spiel soll sich ewig wiederholen. Schon jetzt findet immer und überall eine Umwandlung entweder zum Gröberen und Schlechteren, oder zum Feineren und Besseren statt. Zur Zeit einer jeden Weltauflösung in Äther (ἐκπύρωσις) wird die Rückkehr zur Vollkommenheit eine allgemeine sein. Durch die Unterscheidung zwischen dem schlummernden und

wachen Bewußtsein nähert sich der Panzoismus praktisch, wenn auch nicht begrifflich, einer anderen Annahme, wonach das Bewußtsein nur an die Bewegung einer bestimmten Stoffart gebunden ist.

Leukipp und Demokrit nahmen einen einzigen Urstoff an, formten aber in ihrer Hypothese aus diesem Urstoffe viele Atome, die sich im leeren Raume bewegten und von ungleicher Größe und Gestalt waren. Die materielle Lebenseigenschaft der organlosen Selbstbewegung kommt bei Demokrit noch allen Atomen zu, auch wenn sie keine Feueratome sind. Die Atome haben Eigenbewegung, mit ungleichen Eigengeschwindigkeiten und verschiedenen Eigenrichtungen. In der Verfolgung ihrer Bahnen geraten sie in Zusammenstöße und bleiben in den dadurch gebildeten Aggregationen beisammen. Dieses physikalische Leben wird bei Demokrit von dem Empfindungs-, Denk- und Willensleben begrifflich getrennt. Bewußtsein ist nur an die Bewegung der glatten, runden, feinen Feueratome gebunden. Im menschlichen Leibe machen sich die Feueratome nicht durch Feuerhitze, sondern durch Lebenswärme bemerkbar. Aus der Luft werden Feueratome eingeatmet und in die Luft wieder ausgeatmet. In allen animalischen Körpern gibt es Feueratome, und die reizbare Selbstbeweglichkeit durch Organe geht auf diese zurück. Die Feueratome befinden sich überall im Leibe zwischen den anderen Atomen. Die Art des Bewußtseins, das an die Feueratome gebunden ist, wird durch die umgebenden Atome modifiziert. Im Gehirne ist die Atomenbewegung von dem Denken begleitet, im Herzen vom Zorn, in der Leber von der Begierde, im Auge vom Sehen, wenn das Auge von Bildchen, εἴδωλα, getroffen wird, die als feine atomistische Gebilde, sozusagen als Masken von den Dingen ausgesendet werden. Der panzoisti-

sche Begriff des Lebens, der materielle Bewegung und Bewußtsein aneinander bindet, wird auf das psychophysiologische Gebiet eingeschränkt. Da die bevorzugte Stoffart πῦρ heißt, so kann man die ganze Denkrichtung den Pyrozoismus nennen. Die Feuerbewegung und Wärmebewegung ist selbst Leben und hat das Bewußtsein; das Bewußtsein selbst ist ein Leben und hat das Leben der atomistischen Feuer- und Wärmebewegung sozusagen als Leib. Neben diesem psychophysischen Lebensbegriffe, der sich nur auf Mensch und Tier anwenden läßt, existiert ein zweiter Lebensbegriff, davon unabhängig. Das Pflanzenleben gehört unter den Gesichtspunkt der Selbstformung. Unter den gleichen Gesichtspunkt gehören auch Tier und Mensch, weil diese auch das Leben im zweiten Sinne besitzen. Demokrit nahm die Selbstformung der Organismen aus feuchtem Erdschlamme an. Die Selbstformung ist streng mechanistisch als ein Zusammenspiel der Eigenbewegungen der Atome gemeint. Die Selbstformung ist immer verbunden mit dem Wachstum durch Selbsternährung. Wir haben daher bei Demokrit zunächst die leblos selbstbewegten Körper von den lebenden zu unterscheiden und diese wiederum einzuteilen in die einfach lebenden Pflanzen, die nur das Selbstformungs-Wachstumsleben haben, und in die zweifach lebenden Tiere und Menschen, die auch das Selbstbewegungs-Bewußtseinsleben besitzen.

Der Begriff des Pyrozoismus verändert sich im Laufe der Geschichte dahin, daß es nicht gerade Feueratome sein müssen, die als bevorzugte psychophysische Stoffart hypothetisch gewählt werden. Die Annahme, daß Bewußtsein und Selbstbeweglichkeit an eine spezifische nervöse Materie gebunden sei, ist eine Variante des demokritischen Pyrozoismus. An

die Stelle einer bestimmten Stoffart tritt eine bestimmte Strukturart.

Von der panzoistischen und pyrozoistischen Denkweise sondern sich strenge die sokratisch-platonisch-aristotelische. Diese kann dadurch charakterisiert werden, daß die Materie der Pflanzen, der Tiere und des Menschen nicht selbst lebt, sondern belebt wird. Die Unterschiede zwischen den Persönlichkeiten des Erziehers Sokrates, des schaufrohen Künstlers Platon und des klassifizierenden und definierenden Denkers Aristoteles sind himmelweit. Uns möge hier nur das Gemeinsame interessieren, das sich auf den Lebensbegriff bezieht. Die Belebung der Materie geht von einem Wesen aus, das Psyche genannt wird. Das Wort bleibt am besten unübersetzt, da sich seine Bedeutung nicht mit der Bedeutung des Wortes Seele deckt. Die ganze Richtung kann im Gegensatze zum Panzoismus und Pyrozoismus der Psychismus genannt werden. Diese Bezeichnung ist allerdings wenig gebräuchlich. Psyche bedeutet ursprünglich Hauch, Atem, also keinen Gegensatz zur selbstbewegten Materie, sondern diese selbst zusammen mit dem begleitenden Bewußtsein. Panzoistisch verstanden ist der Atem selbst die Psyche, und nicht durch Psyche passiv bewegte Luft. Dabei wurde an die Möglichkeit einer Luftbewegung ohne begleitendes Bewußtsein gar nicht gedacht. Anaximenes, der jonische Naturphilosoph, spricht von unserer Psyche[1], setzt aber sofort hinzu, daß sie Luft sei. Aristoteles[2] berichtet von Thales, dieser

[1] Aët. I, 3, 4 (D. 278) Diels, Fragmente der Vorsokratiker I, 1906, S. 21. „ἡ ψυχὴ ἡ ἡμετέρα ἀὴρ οὖσα συγκρατεῖ ἡμᾶς . . . λέγεται δὲ συνωνύμως ἀὴρ καὶ πνεῦμα.“

[2] „τὸν λίθον ἔφη ψυχὴν ἔχειν, ὅτι τὸν σίδηρον κινεῖ“; περὶ ψυχῆς A. 2, 405, a. 20.

habe gelehrt, der Magneteisenstein habe Psyche, weil er das Eisen bewege. Aristoteles vermutete hier, daß Thales unter der Psyche ein von der bewegten Materie selbst verschiedenes Prinzip gemeint habe.[1] Es ist wahrscheinlicher, daß Thales die Wirkung des Magnetes auf eine unsichtbar feine, sozusagen atmende Bewegung des Magnetes selbst zurückführte, die mit willkürlicher Bewegungsempfindung verbunden war, so daß Thales sagen wollte: der Magnet lebt; der Magnet hat Psyche; er saugt durch seinen Atem die Eisenstückchen an sich. Thales hat nach dem Berichte des Aristoteles[2] auch gelehrt, alles sei voll von Göttern. Damit wollte Thales sagen, alles lebe, während nach Aristoteles die Materie nirgends selbst lebt, sondern nur durch Psyche belebt wird.

Der platonische Sokrates sagt im Phaidon, daß der menschliche Körper nur solange belebt sei, als er mit einer Psyche verbunden ist. Wachstum, Selbstformung, Selbstbeweglichkeit, Empfindung und Denken sind nicht an die physiologischen Vorgänge im Körper gebunden, sondern an die Psyche. Nach der platonischen Auffassung existiert die Psyche vor und nach der Bindung an einen Körper, der Körper selbst aber nur als belebtes Wesen während der Bindung an eine Psyche und vermöge dieser Bindung. Das Charakteristische der sokratisch-platonisch-aristotelischen Denkweise ist eben die Verdrängung der Anschauung, daß der Körper als materielles System allein Leben sei, Leben erzeuge oder überhaupt Leben habe. Der Körper wird nur passiv belebt, solange er eine Psyche hat; auch dies ist noch zu viel gesagt; so

[1] „ἔοικε δὲ καὶ Θαλῆς . . . κινητικόν τι τὴν ψυχὴν ὑπολαβεῖν“ l. c. a. 19.

[2] „Θαλῆς ᾠήθη πάντα πλήρη θεῶν εἶναι“; περὶ ψυχῆς A. 5, a. 8.

lange die Psyche ihn hat. Platon gebraucht den Ausdruck Psyche metaphorisch. Der Hauch, der Atem soll nur ein Bild für das Belebende sein, das ebenso unanschaulich als unbenennbar ist.

Die Bewegung der demokritischen Feueratome war ein regierendes Werden, ein regierendes Geschehnis. Die Psyche im platonisch-aristotelischen Sinne ist regierende, in sich ruhende Seinsmacht, der die bewegenden Ursachen untertan sind.

Platon beschreibt im Timaios[1] die Formung der Welt durch den Demiurgen, der auf die zeitlos seienden, in Vollendung ruhenden Ideen hinschaut. Durch dieses Schauen des Demiurgen formt sich hinter ihm das Chaos im Raume unter der Macht des Schauens des vollendeten Seins. Dieses Chaos ist unkörperlich. Es besteht nur aus unregelmäßig im Raume wogenden Flächen.[2] Das Chaos war unsichtbar, denn es gab noch kein Licht, noch keine Lichtelemente. Das Chaos war unfühlbar, denn die Flächen wären durch einen tastenden Finger widerstandslos im leeren Raume geschoben worden.[3] Das Chaos war nicht seiend, es war nur unregelmäßig stetig bewegt werdend. Diese ewige Bewegung war in ihrer Ideenlosigkeit unfähig, belebte Körper aus sich selbst zu formen. Der Mythus im Timaios kann so gedeutet werden, daß Platon die Weltformung nicht als ein historisches Ereignis am Anfange der Zeit gemeint hat, sondern als eine ewige Formung, die

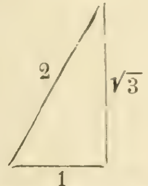
[1] Allegorisch.

[2] „πᾶν ὅσον ἦν ὁρατὸν παραλαβὼν οὐχ ἡσυχίαν ἄγον ἀλλὰ κινούμενον πλημμελῶς καὶ ἀτάκτως, εἰς τάξιν αὐτὸ ἤγαγεν ἐκ τῆς ἀταξίας.“ Timaios 30.

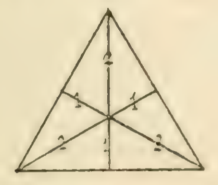
[3] „χωρισθὲν δὲ πυρὸς οὐδὲν ἄν ποτε ὁρατὸν γένοιτο οὐδὲ ἁπτὸν ἄνευ τινὸς στερεοῦ, στερεὸν δὲ οὐκ ἄνευ γῆς.“ Timaios 31.

nur mythisch als ein Ereignis beschrieben wird, vor dem jemals ein unregelmäßig bewegtes, nichts Bestimmtes seiendes Chaos hätte sein können. Das Hinschauen des Demiurgen auf die zeitlos vollendeten Ideen hat eine solche Macht, daß die Flächen des Chaos zu ebenen Dreiecken geordnet werden: zu gleichschenkligen rechtwinkligen und zu anderen rechtwinkligen[1] mit dem Verhältnisse der Hypothenuse zur kleineren Kathete wie 2 : 1. Diese Dreiecke werden zu Begrenzungsflächen von Hohlkörpern, und diese Hohlkörper sind dann die atomistischen Einheiten

[1] „Τὸ δὲ τριπλῆν κατὰ δύναμιν ἔχον τῆς ἐλάττονος τὴν μείζω πλευρὰν ἀεί.“ Timaios 54, „dessen größere Seite immer dreimal so groß ist wie die kleinere, wenn man sie aufs Quadrat erhebt“:



Daher l. c. „στοιχεῖον δ' αὐτοῦ τὸ τὴν ὑποτείνουσαν τῆς ἐλάττονος πλευρᾶς διπλασίαν ἔχον μήκει“. Sechs solche Dreiecke lassen sich zu einem gleichseitigen zusammenlegen:



„ξύνδυο δὲ τοιούτων κατὰ διάμετρον ξυντιθεμένων καὶ τρὶς τούτου γενομένου, τὰς διαμέτρους καὶ τὰς βραχείας πλευρὰς εἰς ταὐτὸν ὡς κέντρον ἐρεισάντων, ἓν ἰσόπλευρον τρίγωνον ἐξ ἓξ τὸν ἀριθμὸν ὄντων γέγονε“. Timaios 54.

der Elemente. Vier gleichschenklige Dreiecke geben ein Quadrat als Würfelseite, daher 24 solcher Dreiecke, wovon je vier in derselben Ebene liegen, den Würfel. Aus den gleichseitigen Dreiecken, deren jedes wieder aus sechs Dreiecken besteht, wie die Figur zeigt, werden Tetraëder, Oktaëder und Trigon-Ikosaëder gebildet. Der Bewegungswiderstand der letzten Teilchen geht bei Platon nicht von solchen Atomen aus wie bei Demokrit, auch nicht von Punkten, sondern von Flächen, die gegeneinander versteift sind. Das Chaos war unberührbar, weil die beweglichen Flächen im leeren Raume überallhin ausweichen konnten, ohne einen Widerstand einer Fläche gegen eine andere überwinden zu müssen. Die Formung der flächenhaften Materie, die als Fläche fast ein Nichts ist, erfolgt nicht durch mechanische Kräfte; sie geht von der Macht der bewegungslos seienden Ideen aus. Dem platonischen Denken liegt es ganz ferne, ein sinnenfälliges Geschehen an ein anderes übersinnliches Geschehen maschinenmäßig zu binden. Die platonische Auffassung ist künstlerisch. Die Griechen hatten Traumgötter, die aus dem Traumstoffe wie aus fast einem Nichts die Träume nach dem Vorbilde des Wachens künstlerisch frei gestalteten. Morpheus bildete die dramatischen Träume; Phobetor die Schreckträume und Phantasos die kontemplativen Landschaftsträume. Der Demiurg erinnert an einen solchen künstlerisch formenden Gott. Er ist nicht selbst die oberste Idee des Guten, denn er blickt auf sie hin. Er hat Anteil an dieser Idee; er existiert durch sie; „ἀγαθὸς ἦν“.[1]

[1] „Er war ein gütiger Gott.“ Timaios 29. Es heißt dort nicht, er war die Güte. Da er die Welt in seiner Neidlosigkeit sich selbst möglichst ähnlich formte, so wurde die Welt ihm und durch ihn der höchsten Idee ähnlich.

Die Körper der Pflanzen, der Tiere und der Menschen bestehen aus diesen Hohlkörpern, und diese aus ebenen Dreiecken. Diese Körper sind als solche noch ihrer selbst unbewußt und regungslos, soweit eine zweckmäßige Bewegung aus dem Körper selbst kommen soll. Der Weltformer fand, daß eine des Verstandes entbehrende Welt weniger schön und ihm weniger ähnlich sei als eine mit Verstand begabte. Daher verlieh er den Körpern Psyche und der Psyche die Verstandestätigkeit, νοῦς.[1] Als Bedingung des Denkens ist die Psyche unkörperlich, immateriell, unausgedehnt, und von der gleichen Natur wie die Ideen. Die Psyche ist aber auch zugleich etwas Ausgedehntes. Sie hat hierin etwas von der Natur der Materie. Als der oberste Weltenbildner, der ἀεὶ ὤν θεός, das Weltall formte, schenkte er ihm eine Weltpsyche. Diese Psyche gab er in die Mitte des Alls, spannte sie von da aus noch über den Weltleib hinaus und umhüllte diesen Leib der Welt noch mit Weltpsyche.[2] Die Psyche hat nicht nur etwas von der Natur der Materie und etwas von der Natur der Ideen, sie hat drittens auch Usia, das heißt Seiung, regierende Seinswacht über den Körper, an den sie gebunden ist. Aus der gewaltsamen Vereinigung der beiden Naturen er-

---

[1] „λογισάμενος οὖν εὕρισκεν ἐκ τῶν κατὰ φύσιν ὁρατῶν οὐδὲν ἀνόητον τοῦ νοῦν ἔχοντος ὅλον ὅλου κάλλιον ἔσεσθαι ποτ' ἔργον, νοῦν δ' αὖ χωρὶς ψυχῆς ἀδύνατον παραγενέσθαι τῳ. διὰ δὴ τὸν λογισμὸν τόνδε νοῦν μὲν ἐν ψυχῇ, ψυχὴν δὲ ἐν σώματι ξυνιστὰς τὸ πᾶν ξυνετεκταίνετο, ὅπως ὅτι κάλλιστος εἴη κατὰ φύσιν ἄριστόν τε ἔργον ἀπειργασμένος." Timaios 30.

[2] „ψυχὴν δὲ εἰς τὸ μέσον αὐτοῦ θεὶς διὰ παντός τε ἔτεινε καὶ ἔτι ἔξωθεν τὸ σῶμα αὐτῇ περιεκάλυψε ταύτῃ." Timaios 34.

gibt sich, daß die Psyche in jedem Punkte ihrer Ausdehnung ungeteilt und ganz gegenwärtig ist. Als denkendes Wesen ist sie nämlich unausgedehnt seiend; als formendes und bewegendes Wesen ist sie ausgedehnt und an jenen Punkten funktionsbereit, wo die Funktion möglich und erforderlich ist.

Die Formung und Belebung der vergänglichen Naturkörper überläßt der immer seiende Demiurg den von ihm geschaffenen Göttern. Das Sonnensystem formt und belebt und beseelt er selbst; denn auch das Sonnensystem ist nach Platon ein belebtes System von Naturkörpern.

Die Seinsmacht ist stärker als das ideenlose Werden. Dieser Gedanke hängt mit der höchsten Vollendung zusammen. Die höchste Vollendung verträgt kein Werden. Jedes Werden wendet sich zum Besseren oder zum Schlimmeren. Die Vollendetheit kennt keine Steigerung, keine Entwicklung und keinen Verfall. Die höchste Macht kommt nicht dem Sein als solchem zu, sondern dem Sein der Schönheit und der Güte.

Auch die Menschenpsyche ist im Menschenleibe ausgedehnt. Im Kopfe ist an sie die Fähigkeit des Denkens gebunden, daher heißt dieser Teil der Psyche das λογιστικόν und seine Funktion der νοῦς. In der Brust heißt die Psyche θυμοειδές, und ihre Funktion θυμός, Mut. Im Unterleibe heißt sie ἐπιθυμητικόν oder φιλοχρήματον und ihre Funktion ist die Begierde, ἐπιθυμία, auch die Habsucht, der Hunger, die sexuelle Begierde. Die psychischen Funktionen selbst sind immer unausgedehnt.

Da die Psyche ausgedehnt und unausgedehnt zugleich ist, so hat sie ein mittleres drittes Sein, ein τρίτον οὐσίας εἶδος (Timaios 35) zwischen dem Nur-ausgedehnt-sein der flächenhaften Materie sowie des leeren Raumes und dem Nur-unausgedehnt-sein des

Ideengebietes. Das Sein der Psyche ist ein Gemenge aus beiden Seinsarten.[1]

Gleiches wird nur von Gleichem erkannt. Als Ausgedehntes vermag die Psyche die Materie dort zu empfinden, wo sie mit ihr denselben Ort gemeinsam hat. Als Ausgedehntes vermag die Psyche die Bewegungen der Materie zu ordnen, indem sie mit je einem ihrer Teile je einen Körperteil bewegt. Als Unausgedehntes vermag sich die Psyche an die ehemals geschauten Ideen zu erinnern und überhaupt erst zu denken.

Alles, was in geordneter Weise bewegt esrcheint, wird nach Platon durch Psyche in der Bewegung geordnet. Die harmonische Bewegung der Gestirne wird dadurch erklärt, daß die Gestirne Körper sind, die von Psychen, von seligen Göttern so bewegt werden, wie unsere Psyche unseren Leib bewegt. Der gesamte Kosmos ist der Leib eines Gottes, einer Weltpsyche. Die Menschenpsyche ist an einen menschlichen Leib vorübergehend gebunden. Die Psyche betätigt sich nicht, weil der Leib physiologisch lebt, sondern der Leib lebt physiologisch nach Platon so lange, als er von der Psyche in geordneter Weise bewegt und nicht von ihr verlassen wird. Die Psyche existiert vor, mit und nach dem Körper. Der Körper ist vergänglich. Die Funktion der Psyche ändert sich mit der Bindung an einen Körper. Körperlos schaut die Psyche das Ideengebiet der Welt, ohne sinnenfällige Eindrücke, ohne Wünsche, ohne Begierden, ohne Leid. An den Körper gebunden, erlangt die

---

[1] „τῆς ἀμερίστου (unteilbar, weil unausgedehnt) καὶ ἀεὶ κατὰ ταυτὰ ἐχούσης οὐσίας καὶ τῆς αὖ περὶ τὰ σώματα γιγνομένης μεριστῆς (teilbar, weil ausgedehnt) τρίτον ἐξ ἀμφοῖν ἐν μέσῳ ξυνεκεράσατο οὐσίας εἶδος.“ Timaios 35.

Psyche die Fähigkeit, sinnenfällige Erscheinungen zu haben, zu begehren, zu leiden. Sie verliert die Fähigkeit, die Ideen geistig zu schauen, und behält nur die Möglichkeit der Erinnerung an die Ideen aus der Vorexistenz. Während der Bindung an den Körper erfährt die Psyche auch Einprägungen, die ihr nach dem Verlassen des Körpers bleiben. Diese Einprägungen bedeuten eine Verschlechterung der Psyche, die durch eine Wanderung in geringere Menschenleiber und in Tierleiber bestraft wird.[1]

Die Materie leistet der Formung einen gewissen Widerstand. Sie ist nicht ganz geeignet, die Ideen darzustellen. Dadurch wird sie zur Quelle der Unvollkommenheiten und des Übels. Bei dem ästhetischen, ethischen und frei künstlerischem Charakter des platonischen Psychismus gibt es keine Frage der mechanistischen Erklärung der Lebenserscheinungen. Das Chaos bringt mechanisch, auf sich und seine Eigenbewegung angewiesen, überhaupt nichts hervor. Nicht nur die biologischen, auch die astronomischen Tatsachen werden durch Psyche, nicht durch gesetzmäßige Eigenbewegung der Materie erklärt. Von diesem Standpunkte aus gibt es nur die Frage:

[1] Diese Wanderung zum Zwecke der Besserung konnte von Platon nur bildlich eine Strafe genannt worden sein, denn sonst hätte unbedingt die Willensfreiheit vorausgesetzt werden müssen. Platon sagt ausdrücklich, daß niemand aus freiem Willen böse sei: „κακὸς μὲν γὰρ ἑκὼν οὐδείς, διὰ δὲ πονηρὰν ἕξιν τινὰ τοῦ σώματος καὶ ἀπαίδευτον τροφὴν ὁ κακὸς γίγνεται κακός". Timaios 86. Ferner: Nomoi V, 731, 734; IX, 860; Menon 77; Protagoras 345, 358. Die Bindung an noch schlechtere Leiber würde das Übel noch verschlimmern, wenn nicht gemeint gewesen wäre, daß durch entgegengesetzt schlechtere Leiber einer das Übel, das er früher zufügte, nun selbst empfinde, oder aber daß die Begierden durch die Übertreibung ihrer Befriedigung Ekel erregen.

was alles liegt in der Idee eines Organismus, und wird diese Idee mehr oder weniger unvollkommen verkörpert?

Die Ideen sind nicht etwa Realitäten in einer zweiten, übersinnlichen und auch dem Verstande unfaßbaren transzendenten Welt. Sie sind in dieser einen und einzigen Welt. Wie wir aber heute sagen, es gebe ein optisches und ein akustisches Gebiet in der Empfindungsmannigfaltigkeit, oder das Auge könne nicht hören und das Ohr nicht sehen, so kann man auch das gesamte Gebiet des Sinnenfälligen, und zwar des gedankenlos Empfundenen dem Gebiete des geistig Geschauten oder des Gedachten gegenüberstellen. Auge und Ohr können nicht denken. Nun gibt es Dinge, die wir jetzt nicht sehen, und andere, die wir jetzt sehen. Es gibt ein Gebiet der jetzt von uns gesehenen und ein größeres Gebiet der überhaupt in der Welt existierenden Dinge. Ferner gibt es innerhalb dieser einen, einzigen Welt ein Ideengebiet, das wir jetzt in unserer Bindung an den Körper nicht mehr direkt geistig schauen können; wir haben aber aus unserer Vorexistenz eingeprägte Erinnerungen an die Ideen, und diese Erinnerungen können wir geistig schauen. Wir bedürfen sehr der Erfahrung, denn nur durch die Erfahrung werden wir zur Erinnerung angeregt. Die Urbilder, die wir in unserem gegenwärtigen Zustande nicht mehr direkt schauen können, heißen ἰδέαι. Die Erinnerungen an das ehemalige Schauen sind die unserer Psyche eingeprägten Artbegriffe oder εἴδη. Indem sich die Psyche erinnert, denkt sie die Ideen. Jeder der Artbegriffe (εἴδη) ist ein Gedanke (νόημα), der nirgends anders als in der Psyche entstehen (ἐγγίγνεσθαι) kann.[1]

[1] Parmenides 132.

Das heißt, er kann nicht mit dem körperlichen Auge gesehen werden. Dieser Gedanke (νόημα) denkt (νοεῖ) eine Idee (ἰδέα).[1] Durch das ehemalige Schauen der Idee kam die Möglichkeit des Denkens der Artbegriffe in die Psyche. Inhaltlich stimmt das εἶδος mit der ἰδέα überein wie das Urbild mit der Kopie, daher können auch vielfach die Ausdrücke εἶδος und ἰδέα füreinander eintreten.

Die platonische Ideenlehre wurde mannigfach gedeutet. Für den gegenwärtigen Zweck handelt es sich nicht um eine kritische Würdigung der verschiedenen Interpretationen. Dies würde uns weit vom Thema ablenken. Mag nun Platon ein transzendentes Reich der Ideen gelehrt haben, oder mag sein Gleichnis von der Höhle[2] und seine allegorisch aufzufassende Lehre von der Präexistenz nur die Bestimmung gehabt haben, das begriffliche Schauen im Geiste von dem gedankenlos sinnlichen Schauen möglichst scharf zu sondern, oder mögen die Ideen Wirklichkeiten in dieser einen einzigen Welt sein, gegen die unsere Psyche im gegenwärtigen Zustande geblendet ist, wir haben es hier nicht mit der Idee, sondern mit der Psyche zu tun, die den Körper beherrscht. Hier ist es in allen Fällen klar, daß Platon und später Aristoteles das dritte Lebensproblem in voller Schärfe vor Augen trat. Die ältesten jonischen Naturphilosophen interessierten sich für die Einheit des Stoffes, Empedokles, Anaxagoras, Demokrit sahen die Unmöglichkeit der Selbstdifferenzierung durch Eigenbewegung aus einem einzigen völlig homogenen Stoffe; Platon und Aristoteles sahen die Unmöglichkeit einer Gestaltung der sich ideenlos, blind, ohne

[1] l. c.

[2] Πολιτεία, Buch Z, 514 ff.

Lenkung bewegenden Stoffarten. Dabei sind die primitiven Vorstellungen der Alten von den Bewegungen der letzten Teilchen zu berücksichtigen, aus denen wohl niemals eine Gestaltung resultiert.

Aristoteles hat im Altertume die Richtung des Psychismus in der Biologie zum Abschluß gebracht. Er interessiert sich auch für das pflanzliche und tierische Leben über den ethischen Interessenkreis hinaus. Die Eigenart des aristotelischen Psychismus zeigt sich schärfer, wenn man nicht mit einem fertigen, sondern mit einem werdenden Organismus die Betrachtung beginnt.

Modern gesprochen könnte man sagen, für diese Denkweise habe ein gegebenes beliebiges Gemenge chemischer Körper vielleicht eine unverlierbare Molekularbewegung, aber niemals die Fähigkeit des Wachstums durch Assimilation, niemals die Fähigkeit der charakterisierten Selbstformung (Selbstorganisation) und daher auch nicht die Fähigkeit, sich selbst Bewegungsorgane zu schaffen. In moderner Sprechweise fortfahrend könnte man sagen, ein Tropfen von solchem Stoffgemenge könne nie eine lebende nackte Zelle werden, sondern nur ins chemische Gleichgewicht kommen und bestenfalls in Kristallisation erstarren, soweit eine solche möglich ist. Eine Selbstformung fände in diesem Sinne wohl statt, aber nicht die Formung zu etwas chemisch stetig Bewegten, sondern eine Formung zur chemischen Erstarrung. Von dieser modernen Sprechweise kommen wir langsam zur aristotelischen zurück, wenn wir zunächst eine Annahme machen. Aus diesem Tropfen eines Stoffgemenges kann eine lebende Zelle werden, wenn sich mit ihm eine für unsere Sinne unsichtbare Wirklichkeit verbindet, die wir Wachstumskraft mit Assimilationskraft vereint oder Wachstums- und Ernäh-

rungspsyche[1] nennen. Außerdem sei noch eine Selbstteilungskraft oder Vermehrungskraft erforderlich, wenn die sich ernährende und wachsende Zelle nicht ein Riesenschleim werden soll, der nur passiv geteilt werden könnte. In der modernen Denkweise gehört die Vererbung unter den Gesichtspunkt der Selbstteilung einer Organisation, also unter die Selbstformung, und nicht unter den Gesichtspunkt der Ausscheidung eines unorganisierten Stoffgemenges, dem erst eine Selbstformungskraft mitgegeben werden muß, damit eine Neuorganisation beginnen könne. Bei Aristoteles haben wir noch nicht den Gedanken der Umwandlung einer primitiven, abgespalteten Organisation mit komplizierter Veranlagung in eine reifere Organisation mit komplizierterer Entfaltung. Daher mußte Aristoteles statt dieser Selbstteilung einer Organisation eine Erzeugungskraft, eine genetische Psyche annehmen, die das zu formende Gemenge ausscheidet.

Soll sich das Stoffgemenge nicht nur ernähren, wachsen und vermehren können, sondern auch die Form eines Tieres oder einer Pflanze annehmen, so gehört dazu eine Selbstformungskraft, eine Selbstorganisationskraft oder im aristotelischen Sprachgebrauche eine erste Entelechie, πρώτη ἐντελέχεια. Aristoteles hätte auch, um in der gleichen Terminologie zu bleiben, von einer πλαστική oder μορφωτική ψυχή sprechen können. Das Wort plastisch hätte aber zu sehr an die starre Bildhauerformung erinnert, und das Wort μορφωτική war nicht gebräuchlich. Ari-

[1] αὐξητική ψυχή und θρεπτική ψυχή, Arist. περὶ ζωῆς καὶ θανάτου 3, 469, a. 26. θρεπτική, αὐξητική und γεννητική ψυχή gehören bei Aristoteles zusammen zur πρώτη ψυχή, zur ersten, d. h. weitest verbreiteten Lebenskraft, auch ἐσχάτη ψυχή genannt, auch πρώτη καὶ κοινοτάτη δύναμις ψυχῆς.

stoteles nennt die erste Entelechie auch ausdrücklich eine Psyche.[1] Wenn sich das gegebene Stoffgemenge zur Verbindung mit Empfindungspsyche αἰσθητικὴ ψυχή eignet, so erfolgt auch die Verbindung, und das so belebte Gemenge heißt animalisch. Die meisten von diesen belebten Körpern haben auch die Eignung zur Verbindung mit Selbstbewegungspsyche, wodurch sie, wenn die Selbstformung Fortschritte gemacht hat, in den Stand gesetzt werden, von den selbstgeformten Organen begehrender Weise einen willkürlichen Gebrauch zu machen.[2] Nur die menschlichen Leiber verbinden sich auch mit Denkpsyche.[3] Wird die Begehrungspsyche von der Denkpsyche beherrscht, so ist sie die vernünftige Willenspsyche.[4] Diese verschiedenen Psychen sind nicht ebensoviele voneinander getrennt existierende unstoffliche Wesen, sondern verschiedene Seiten einer einzigen Psyche. Der Mensch hat unter allen belebten Wesen die vielseitigste Psyche.

Die Mehrseitigkeit der Psyche gibt auch einen Einteilungsgrund für die belebten Wesen ab. Die fünf[5] Lebenseigenschaften, die Aristoteles unterscheidet, mußten nicht immer zusammen auftreten. Zunächst wird alles als unbelebt bezeichnet, was nicht mindestens die Eigenschaft des Wachstums durch

---

[1] „ψυχή ἐστιν ἐντελέχεια ἡ πρώτη σώματος φυσικοῦ δυνάμει ζωὴν ἔχοντος.“ περὶ φυχῆς B. 1, 412, a. 27.

[2] Begehrungspsyche, ὀρεκτικὴ ψυχή.

[3] Τὸ νοητικόν, διανοητικόν, umfassend das ἐπιστημονικόν und das λογιστικόν.

[4] τὸ βουλευτικόν, περὶ ψυχῆς Γ. 10, 433, b. 3.

[5] Vier, wenn man Empfindungspsyche und Denkpsyche zu Bewußtseinspsyche zusammenfassen dürfte: Wachstum durch Selbsternährung, Gestaltung, Empfindung, Selbstbewegung, Denken.

Selbsternährung besitzt.[1] Es gehört bei Aristoteles zum Begriffe des Lebens, daß die Nährstoffe nicht zufällig vorbeiströmen, sondern vom belebten Körper gesucht oder mindestens festgehalten werden. Der Kristall wächst auch, und die Appositionen haben eine entfernte Ähnlichkeit mit Ernährung. Der Kristall hat aber keine Selbsternährung in dem Sinne, daß er die Nährstoffe aufsucht oder mit Organen festhält. Die anwachsenden Partikel werden dem Kristalle zugetrieben. Daher betont Aristoteles, daß die Pflanze nicht nur ernährt wird, sondern auch den Nährstoffen durch Organe entgegenkommt.[2] Der Kristall würde auch nicht durch Nahrungsmangel eingehen.

Die Lebenseigenschaft des Wachstums durch Selbsternährung fehlt also bei keinem Lebewesen, während die anderen Eigenschaften ohne diese unmöglich sind.[3] Bei Aristoteles ist der Begriff der Ernährung noch frei vom strengen Begriffe der chemischen Assimilation. Die Nahrung wird gesucht, zerkleinert, verdaut, umgeformt und als Gemenge feinster Stoffe, als letzte Nahrung, ἐσχάτη τροφή, als Blut τὸ αἷμα und das dem Blute Analoge, als τελευταία, ὑστάτη oder πρώτη τροφή den Orten des Wachstums und des Verbrauches zugeführt, und dort

---

[1] „ζωὴν δὲ λέγομεν τὴν δι' αὑτοῦ τροφήν τε καὶ αὔξησιν καὶ φθίσιν." περὶ ψυχῆς B. 1, 412, a. 14.

[2] „ὄργανα δὲ καὶ τὰ τῶν φυτῶν μέρη, ἀλλὰ παντελῶς ἁπλᾶ (Schutzorgane und Ernährungsorgane) . . . αἱ δὲ ῥίζαι τῷ στόματι ἀνάλογον. ἄμφω γὰρ ἕλκει τὴν τροφήν." περὶ ψυχῆς B. 1, 412, b. 1.

[3] „χωρίζεσθαι δὲ τοῦτο (nämlich das Wachstum durch Selbsternährung, τροφὴ δι' αὑτοῦ καὶ αὔξησις) μὲν τῶν ἄλλων δυνατόν, τὰ δ' ἄλλα τούτου ἀδύνατον ἐν τοῖς θνητοῖς." περὶ ψυχῆς B. 2, 413, a. 31.

durch physikalische Selektion, nicht durch chemische[1] Assimilation eingelagert. Die Ernährungs- und Wachstumspsyche kommt allen Lebewesen ohne Unterschied zu.[2]

Nur die charakterisierte Selbstformung hat eine ebensoweite Verbreitung wie das Wachstum durch Selbsternährung. Aristoteles konnte von den Amöben nichts wissen. An der ersten Stelle wird nicht die Selbstformung, sondern das Wachstum genannt, weil die Ernährung des werdenden Vogels im Ei sichergestellt sein muß, bevor die Selbstformung beginnen kann. Die Selbstformung ist nach Aristoteles so selbstverständlich mit der Selbsternährung verbunden, daß von den Pflanzen gesagt wird, sie hätten nur Ernährungs- und Wachstumspsyche.[3]

Von den anderen Eigenschaften lehrte Aristoteles, daß die Empfindung wiederum weiter verbreitet sei als die Selbstbeweglichkeit im Sinne der Ortsveränderung. Dadurch entsteht die Gruppe der animalischen Wesen als ein engerer Bezirk des Wachstumsfähigen. In dieser Gruppe sei wiederum die Berührungsempfindung oder der Hautsinn allgemein verbreitet, während die anderen Empfindungen auch fehlen können.[4]

---

[1] Aristoteles unterscheidet natürlich noch nicht chemisch und physikalisch im modernen Sinne.

[2] „θρεπτικὸν δὲ λέγομεν τὸ τοιοῦτον μόριον τῆς ψυχῆς οὗ καὶ τὰ φυτὰ μετέχει." περὶ ψυχῆς B. 2, 413, b. 7.

[3] „φανερὸν δ' ἐπὶ τῶν φυομένων· οὐδεμία γὰρ αὐτοῖς ὑπάρχει δύναμις ἄλλη ψυχῆς." περὶ ψυχῆς B. 2, 413, a. 32.

[4] „τὸ δὲ ζῷον διὰ τὴν αἴσθησιν πρώτως· καὶ γὰρ τὰ μὴ κινούμενα μηδ' ἀλλάττοντα τόπον, ἔχοντα δ' αἴσθησιν ζῷα λέγομεν καὶ οὐ ζῆν μόνον. αἰσθήσεως δὲ πρῶτον ὑπάρχει πᾶσιν ἁφή. ὥσπερ δὲ τὸ θρεπτικὸν δύναται χωρίζεσθαι τῆς ἁφῆς καὶ πάσης αἰσθήσεως. οὕτως ἡ ἁφὴ τῶν ἄλλων αἰσθήσεων." περὶ ψυχῆς B. 2, 413, b. 2.

Enger ist der Kreis der zweckmäßigen Selbstbeweglichkeit, die nur mehr dem Menschen und jenen Tieren zukommt, die ihren Ort verlassen und auch in ihren Bewegungen innehalten können.[1]

Die oberste Stufe ist das Denkvermögen, das dem Menschen allein eigen ist.

Aristoteles gewann auf diese Weise eine Stufenfolge von Lebenseigenschaften, worin die untere Eigenschaft weiter verbreitet war als die obere, die obere hingegen in ihrer Existenz abhängig von der unteren. Die Abhängigkeit war nicht genetisch. Die obere Lebenseigenschaft ging nicht als eine Komplikation aus der unteren hervor, sondern erhob sich nur über ihr oder auf ihr. Da Aristoteles das Wachstum durch Ernährung als niemals fehlende Eigenschaft in die Definition des Lebens aufnahm, so konnte er nicht mehr wie Thales vor ihm vom Magnete sagen, er habe eine Psyche, denn das Eisen bewege sich oder ordne sich unter seinem Einflusse.

Bei Aristoteles wie bei Platon leben die Pflanzen, Tiere und menschlichen Leiber nicht selbst, sondern sie werden durch Psyche belebt, ins Leben gebracht, am Leben erhalten. Für Aristoteles gibt es keine Lebensstoffe, sondern nur Lebenskräfte. Auch der Ausdruck Kraft kann noch irreführen, wenn er nicht einschränkend erläutert wird. Wir sind geneigt, bei dem Worte Kraft an eine unsichtbare Tat, einen uns verborgenen Willensakt, ein verstecktes Geschehnis zu denken, das ein anderes Geschehnis nach sich zieht. Diese Deutung muß man ganz unterlassen, um dem Sinne der aristotelischen Psyche und der ersten Entelechie näher zu kommen. Die Psyche

[1] Menschen und freibewegliche Tiere gehören unter den Begriff des σῶμα φυσικὸν ἔχον ἀρχὴν κινήσεως καὶ στάσεως ἐν ἑαυτῷ. περὶ ψυχῆς B. 1, 412, b. 15.

ist wie bei Platon nicht Tätigkeitskraft, sondern Seinsmacht. Sie ist in den Anfangsstadien der Lebewesen etwas für uns Unsichtbares, das durch bloßes Sein die Bewegungen des Stoffgemenges beherrscht und ordnet. Das Sein war für Aristoteles, noch mehr für Platon und für die Eleaten vor Platon, eine wertvollere und stärkere Macht als das Werden und das Tun. Wir finden in der antiken Philosophie die Steigerung: wirklich, wirklicher, am wirklichsten. Den höchsten Grad der Wirklichkeit hat das bewegungslose Sein.

Während aber bei Platon die Urbilder der Dinge immer im Ideengebiete der Welt bleiben und uns unsichtbar sind, können wir nach Aristoteles von der ursprünglich auch unsichtbaren Psyche und ersten Entelechie mehr wissen. Macht die Formung eines Lebewesens Fortschritte, so geht die „erste Entelechie" in die zweite über und erscheint uns als die „Form" des Lebewesens. Ebenso geht die Wachstumspsyche in das sichtbare Wachsen über. Im Schlafe haben wir die Denkpsyche, die Empfindungspsyche, die Vorstellungspsyche als erste Entelechie, im wachen Zustande die Gedanken, Empfindungen und Vorstellungen selbst als zweite Entelechie. Dabei ist die Bewußtseinspsyche nicht etwa der Körper selbst im ruhenden Zustande, sondern auch während der Bewußtseinspause vom Körper verschieden.[1] Die erste Entelechie ist daher nichts anderes als die uns noch unsichtbare Form eines Lebewesens[2], wenn wir bei der physischen Erscheinung bleiben. Sobald die erste

[1] ἡ ψυχὴ „σῶμα μὲν γὰρ οὐκ ἔστι, σώματος δὲ (zum Körper gehörig) καὶ διὰ τοῦτο ἐν σώματι ὑπάρχει". περὶ ψυχῆς B. 2, 414, a. 20.

[2] Die Psyche ist „ὡς εἶδος σώματος φυσικοῦ δυνάμει ζωὴν ἔχοντος." περὶ ψυχῆς B. 1, 412, a. 20.

Entelechie in die zweite, sobald die Gestaltungspsyche in sichtbare Gestalt übergegangen[1] ist, sobald haben wir erkennbar den ganzen belebten Körper, der aus dem Stoffe und der belebenden Form besteht. Die Bewußtseinspsyche ist das schlummernde Bewußtsein selbst. Die Gestaltungspsyche oder die erste Entelechie ist die noch unsichtbare Gestalt selbst. Sie tut nichts, wenn der Stoff geformt wird, sondern sie bewirkt durch die reine Macht ihres Seins die Formung. Die Form selbst verändert sich nicht. Sie tritt nur immer deutlicher hervor, je weiter die Formung des Stoffes unter dem Einflusse ihres Seins vorschreitet. Ebenso verändern sich unsere Vorstellungen nicht, wenn sie aus dem Unbewußten immer deutlicher ins Bewußtsein treten. Alle belebten Naturkörper, σώματα φυσικὰ ζωὴν ἔχοντα, sind zusammengesetzte Wesen, οὐσίαι σύνθεται, aus Form und Stoff bestehend.

Der Stoff kann überhaupt nie von irgendeiner Form losgelöst werden. Eine Statue hat die vom Künstler gegebene Form und als Stoff den Marmor. Wird die Statue zerschmettert, so hat der Stoff noch immer die Form von Bruchstücken. Werden die Bruchstücke pulverisiert, so hat der Stoff die Form des Staubes. Im modernen Sprachgebrauche würde man sagen, es gebe auch amorphe oder formlose Stoffgemenge. Man kann nach Aristoteles immer nur eine Form durch eine andere ersetzen, auch eine Lebensform durch eine nicht belebende, eine wertvolle durch eine wertlose, niemals aber die Form überhaupt austreiben, so daß reiner Stoff übrig bliebe. Nur dieser, niemals von irgendeiner Form loszulösende Stoff oder

[1] Eigentlich bedeutet Entelechie die Zielstrebigkeit und εἶδος das angestrebte Ziel.

die Möglichkeit der Umformung heißt bei Aristoteles Stoff, Materie, Hyle.

Auch die Formen der belebten und unbelebten Körper lassen sich nicht vom Stoffe lösen und zur reinen Existenz bringen. Nur die Denkpsyche oder der noëtische Teil der Bewußtseinspsyche besteht fort, nachdem die Bindung an den Stoff aufgehört hat.

Die Form des fertigen Lebewesens ist also schon im Anfange der Embryonalentwicklung als erste Entelechie oder als Gestaltungspsyche unsichtbar für uns da. Sie lenkt den Aufbau des Lebewesens durch ihr Sein. Die fertige Form ist in diesem Sinne auch eine Ursache. Das Ende der aufsteigenden Seite des Lebensganges, der Kulminationspunkt des Lebens heißt τέλος. Das Ende der absteigenden Seite des Lebensganges heißt τελευτή. Da das Ende im Sinne von τέλος auch zugleich gestaltende Ursache ist, so kann es eine Endursache oder causa finalis heißen. Daher ist der Psychismus des Aristoteles eine teleologische Naturauffassung. Neben den Endursachen gibt es Bedingungen wie Wärme, Wasser, Baustoffe, Nährstoffe, die erfüllt sein müssen, wenn die Gestaltungspsyche auf den Stoff wirken soll.

Es wird im später folgenden Kapitel von der Urzeugung die Frage ausführlicher behandelt werden müssen, wie sich die Gestaltungspsyche zu den Elementen verhält. Nach Aristoteles ist kein Tier und keine Pflanze selbstlebend, sondern ein durch Psyche gestalteter und belebter Stoff. Es ist damit nicht gesagt, daß die Psychen der noch nicht erzeugten Tiere und Pflanzen schon jetzt irgendwo im Raume wie Schatten umherirren und auf Stoffgemenge warten, mit denen sie sich verbinden könnten. Es ist vielmehr nach Aristoteles alles durch Psyche belebt, auch die von uns leblos genannten Elemente. Sobald das

günstige Stoffgemenge getroffen ist, sobald sind auch die an die Elemente gebundenen Psychen in ein entsprechendes Verhältnis der Wirksamkeit auf das gestaltbare Stoffgemenge gebracht. Daraus resultiert eine einheitliche Pflanzen- oder Tier- oder Pflanzentierpsyche, je nachdem in dem Elementengemenge Erde oder Luft oder Wasser überwiegt. Damit ist auch die Frage beantwortet, wo die Ernährungs- und Gestaltungs- und Empfindungs- und Bewegungspsychen hinkommen, nachdem die von ihnen belebten Tiere und Pflanzen zerfallen sind. Sie lösen sich in die Psychen der Elemente auf.

Der Psychismus des Aristoteles ist eine teleologische Naturauffassung, aber nicht jede teleologische Naturauffassung muß Psychismus sein. Wenn kleine Körperchen von einer schöpferischen Macht in die Existenz gerufen und in ihr erhalten sind, und von dieser Macht den Körperchen solche Bewegungsgesetze erteilt werden, daß sich daraus von selbst physiologisch lebende Organismen formen, so ist der materielle Teil des Komos rein mechanistisch gebaut, und trotzdem ist der Mechanismus ein Mittel eines Weltzweckes. Eine solche Weltanschauung ist teleologisch ohne Gestaltungspsyche. Andrerseits kann ein Psychismus ohne Weltzweck konstruiert werden, denn in dem individuellen Telos ist noch nicht ein allen gemeinsames Welt-Telos eingeschlossen.

Soweit die Psyche nicht Denkpsyche ist, ist sie nach Aristoteles teilbar. Man kann dies zweifach verstehen. Sie ist entweder etwas unsichtbar Ausgedehntes von der Größe und Gestalt des Körpers, das mit dem Körper zugleich geteilt wird, oder etwas Unausgedehntes, das mit der Teilung des Körpers eine Vermehrung insoferne erfährt, als an die Stelle eines unausgedehnten Wesens mehrere treten, deren jedes

einen anderen Teil des ehemals ganzen Körpers zur Beherrschung übernimmt. Durch die Teilung kann der Körper aufhören, belebungsfähig zu sein. Bezüglich der Gestaltungspsyche oder ersten Entelechie ist wohl die Ausgedehntheit fast selbstverständlich, denn die erste Entelechie geht in die sichtbar ausgedehnte Gestalt über. Die Ernährungspsyche ist in den Pflanzen nach Aristoteles teilbar, oder „in Möglichkeit mehreres“.[1] Die Selbstbewegungspsyche bezeichnet Aristoteles zugleich mit der Empfindungs- und Begehrungspsyche als teilbar, indem er auf das Weiterleben zerschnittener Tierkörper gewisser Arten hinweist.[2] Die Denkpsyche, θεωρητικὴ δύναμις, und das wirkliche Denken, νοῦς, schien dem Aristoteles eine besondere Art von Psyche zu sein, die auch getrennt vom Körper existieren kann, und mit den ausgedehnten Seiten der Psyche nur für die Dauer der Bindung an den Körper vereinigt ist.[3]

Panzoismus, Pyrozoismus und Psychismus sind die drei Typen des Lebensbegriffes, nach denen sich

[1] „ὥσπερ γὰρ ἐπὶ τῶν φυτῶν ἔνια διαιρούμενα φαίνεται ζῶντα καὶ χωριζόμενα ἀπ' ἀλλήλων, ὡς οὔσης τῆς ἐν τούτοις ψυχῆς ἐντελεχείᾳ μὲν μιᾶς ἐν ἑκάστῳ φυτῷ δυνάμει πλειόνων.“ περὶ ψυχῆς B. 2, 413, b. 16.

[2] „ . . . ὁρῶμεν καὶ περὶ ἑτέρας διαφορὰς τῆς ψυχῆς συμβαῖνον ἐπὶ τῶν ἐντόμων ἐν τοῖς διατεμνομένοις καὶ γὰρ αἴσθησιν ἑκάτερον τῶν μερῶν ἔχει καὶ κίνησιν τὴν κατὰ τόπον, εἰ δ' αἴσθησιν, καὶ φαντασίαν καὶ ὄρεξιν· ὅπου μὲν γὰρ αἴσθησις, καὶ λύπη τε καὶ ἡδονή, ὅπου δὲ ταῦτα, ἐξ ἀνάγκης καὶ ἐπιθυμία.“ περὶ ψυχῆς B. 2, 413, b. 19.

[3] „περὶ δὲ τοῦ νοῦ καὶ τῆς θεωρητικῆς δυνάμεως οὐδέν πω φανερόν, ἀλλ' ἔοικε ψυχῆς γένος ἕτερον εἶναι, καὶ τοῦτο μόνον ἐνδέχεται χωρίζεσθαι, καθάπερ τὸ ἀΐδιον τοῦ φθαρτοῦ. τὰ δὲ λοιπὰ μόρια τῆς ψυχῆς, φανερὸν ἐκ τούτων, ὅτι οὐκ ἔστι χωριστά, καθάπερ τινές φασιν.“ περὶ ψυχῆς B. 2, 413, b. 24.

am raschesten eine Orientierung über die Biologie der alten Griechen gewinnen läßt. Der Unterschied zwischen Panzoismus und Pyrozoismus ist nur quantitativ, indem dort die ganze Materie, hier nur eine bevorzugte Stoffart lebt, aber selbst lebt, während nach der Auffassung des sokratisch-platonisch-aristotelischen Psychismus der stoffliche Teil im Lebewesen nur belebt wird, solange er mit Psyche verbunden ist. Die Psyche selbst ist und wirkt durch ihre Seinsmacht belebend.

Beim Gebrauche des Wortes Psychismus kann leicht eine Verwirrung eintreten, denn schon die alten jonischen Naturphilosophen gebrauchen den Ausdruck Psyche, jedoch nicht im Sinne einer durch Seinsmacht wirkenden ersten Entelechie, sondern im Sinne von Tätigkeit, Atem, Bewegung, Selbstformung. Umgekehrt gebraucht auch Aristoteles den Ausdruck Leben, ζωή, für das passive Belebtsein und Belebtwerden.

Die Stellung des Anaxagoras ist nicht über jeden Zweifel klar, und der Lebensbegriff der Stoïker ist eine Kombination von Panzoismus, Pyrozoismus und Psychismus.

Anaxagoras[1] wird von Aristoteles wesentlich anders verstanden als von dem Naturphilosophen Diogenes von Apollonia. Dieser sieht in ihm einen Panzoisten, jener einen Psychisten. Daher stammt die Unvereinbarkeit der Beurteilungen.

Anaxagoras war vor allem ein Gegner der Annahme einer reflexionslosen, nicht vorher vorgestellten und nicht mit Bewußtsein gewollten und ausgeführten Selbstentwicklung eines Gemenges von Urstoffen. Für ihn war es selbstverständlich, daß ein Chaos, woran kein Vorstellen, kein Denken und wissendes Wollen,

[1] aus Klazomenai, geb. um 500 v. Chr.

sondern höchstens blind treibende Empfindungen gebunden waren, in alle Ewigkeit ein blind bewegtes oder unbewegtes Chaos bleiben müsse. Anaxagoras dürfte wahrscheinlich an den schlafenden Menschen als Vorbild gedacht haben. So wie ein schlafender Mensch auch physisch ruht, und erst in geordnete Bewegungen kommt, nachdem er erwacht ist, geordnete Bewegungen vorstellt, will und ausführt, so muß auch das Gemenge der Urstoffe in gedankenlosem Schlafe geruht haben. Erst als die verstandesmäßige Tätigkeit in die Welt kam, erst als das Chaos zum Denken erwachte, kam geordnete Bewegung in das bisher ungeordnete Gemenge.[1] Jede Ordnung geht auf das Vorstellen, den Entschluß und die Ausführung des νοῦς zurück, der alles anordnete, was sein soll, was war, was ist und was sein wird. Es gibt nach Anaxagoras keine Ordnung, die aus blind zerworfenen Anziehungen und Abstoßungen von selbst eintreten könnte.

Der Nûs des Anaxagoras ist nicht der Schöpfer, sondern nur der Ordner des Chaos. Das Gemenge der Urstoffe sei eine unbestimmbare Zeit ungeordnet gewesen, bis die Denktätigkeit und mit ihr im Gefolge die Selbstentwicklung zum Kosmos eintrat. Vor diesem Zeitpunkte liegt eigentlich eine Unendlichkeit. Der Nûs des Anaxagoras ist nicht eine Vernunft, die dem Kosmos ästhetische oder ethische Vorbilder zeigt, sondern ein physikalischer Verstand, der aus dem Chaos das zur Entwicklung bringt, was in dem Chaos als eindeutig bestimmte Entwicklungsmöglichkeit schlummert. Der Nûs arbeitet nicht teleologisch, sondern kausal-effektual. Er erkennt die Wirkungen,

---

[1] Diog. Laert. II, 6: „εἶτα ὁ νοῦς ἐλθὼν αὐτὰ (nämlich ὁμοῦ χρήματα πάντα) διεκόσμησε." Diels, Fragmente der Vorsokratiker I, 1906, Seite 293.

die aus der Ursache notwendig werden, wenn ein Verstand eingreift und diese Ursachen zum Ablauf bringt. Er gleicht hierin dem Verstande eines erwachenden Menschen, der zur verstandesmäßigen Ausführung von geordneten Bewegungen befähigt wird, die im Schlafe noch unmöglich auszuführen waren. Ein wacher Mensch vermag aber keine anderen Bewegungen auszuführen, als diejenigen sind, zu denen er schon im Schlafe veranlagt war. Das Erwachen fügt keine neuen Fähigkeiten hinzu, und verleiht auch nicht die Macht, Zwecke zu setzen, denen sich dann der Organismus anpassen müßte.

Es bleibt eine offene Frage, ob der Nûs des Anaxagoras, der Beweger der geordneten Welt, wirklich als der Erzeuger der Bewegung überhaupt gemeint war, die zu einer bewegungsunfähigen Materie hinzutrat, oder nur als der Erzeuger der Ordnung der Bewegung, die in die ungeordnete Bewegung der Materie hineinkam. Es bleibt die Frage offen, ob das Chaos nicht nur eine Gemengtheit der Dinge, sondern auch ein Durcheinander der Bewegungen gewesen sei.

Aristoteles sagt allerdings, daß im Anfange alles ruhte und der Nûs erst Bewegung hineingebracht habe.[1] Diese Stelle ist wohl eine starke Stütze für die dualistische Interpretation des Anaxagoras. Dagegen ließe sich vielleicht etwa anführen, daß es bei Simplicius (phys. 155, 23) heißt, alles sei infolge der unendlichen Kleinheit undeutlich gewesen.[2] Eine

[1] „φησὶ γὰρ ἐκεῖνος, ὁμοῦ πάντων ὄντων καὶ ἠρεμούντων τὸν ἄπειρον χρόνον, κίνησιν ἐμποιῆσαι τὸν νοῦν καὶ διακρῖναι.“ Phys. VIII, 1, 250, b. 24.

[2] „ὁμοῦ πάντα χρήματα ἦν, ἄπειρα καὶ πλῆθος καὶ σμικρότητα· καὶ γὰρ τὸ σμικρὸν ἄπειρον ἦν. καὶ πάντων ὁμοῦ ἐόντων οὐδὲν ἔνδηλον ἦν ὑπὸ σμικρότητος.“ Diels, Fragmente der Vorsokratiker I, 1906, Seite 313.

lebhafte Innenbewegung des Gemenges am Platze mit unsichtbar kleinen Hinundhergängen unsichtbar kleiner Körperchen ist ein scheinbarer Ruhezustand. Diese unsichtbar feine Bewegung, durch die nichts gestaltet wurde, konnte Aristoteles vom Standpunkte seines Psychismus aus leicht für unwesentlich behandelt und unter den Begriff des ἠρεμεῖν gebracht haben, da ja tatsächlich dabei nichts vom Platze kommt. „Der Nûs begann zu bewegen"[1] würde dann den Sinn haben: der Nûs begann diese Bewegung am Platze in eine translatorische Bewegung zu verwandeln.

Diese Auffassung stimmt allerdings andrerseits besser zur Konzeption des ganzen Systemes, weil man dann begreift, warum der Nûs in der Zeit zum Chaos hinzukam. Wenn das Chaos bewegungsunfähig absolut ruhte, so sieht man nicht ein, warum der Nûs eine unbestimmbar lange Zeit, vielleicht eine Ewigkeit untätig zugesehen haben sollte, und was ihn plötzlich bewog, sein passives Verhalten aufzugeben. Es müßte dann auch eine Zeit gegeben haben, wo zu dem Verstande der Einfall der Weltformung hinzukam. Natürlicher steht die Sache, wenn das Chaos in sich ordnungslos und daher für die Weltstruktur ergebnislos bewegt war. Wenn der Nûs als eine Funktion eines feinsten Stoffes pyrozoistisch gedacht wurde, dann kann eben dieser feinste Stoff durch die Mischung mit den gröberen Stoffen funktionsunfähig werden. Aus dem Zufalle der Bewegungsmischungen kann an einem kleinen, engumschriebenen Orte des Chaos eine kleine Ansammlung des feinsten Stoffes entstehen, wodurch die Eigenbewegung dieses feinsten Stoffes frei wird, der Nûs zur Funktion gelangt und die Herrschaft über das Chaos von dieser Stelle aus zu

[1] „καὶ ἐπεὶ ἤρξατο ὁ νοῦς κινεῖν . . ." Simplicius, phys. 300, 27; Diels, a. a. O., Seite 319.

ergreifen beginnt. Das Chaos gleicht hierin wiederum einem schlafenden Menschen, der von selbst erwacht, und zu seinem Verstande kommt, ohne daß der Verstand als eine fremde Macht in ihn hineingefahren wäre.

Mit dieser, allerdings sehr bestreitbaren Auffassung stimmen zwei Annahmen des Anaxagoras überein. Zuerst soll die Denktätigkeit nicht überall zugleich, sondern zunächst in einem einzigen Punkte begonnen und sich von da allmählich in den ganzen Raum ausgebreitet haben. Wozu diese Lokalisation im Raume? Warum hat der Nûs nicht überall zugleich oder doch an vielen Punkten bald nacheinander zu arbeiten begonnen? Anaxagoras scheint an eine sehr schwierig herzustellende und im Chaos selbst liegende Bedingung gedacht zu haben. Zweitens nennt Anaxagoras den Nûs das feinste und reinste von allen Dingen, τὸ λεπτότατόν τε πάντων χρημάτων καὶ καθαρώτατον. Die Verstandestätigkeit selbst ist freilich kein Stoff, kein χρῆμα, kein Ding. Es konnte die Bindung der Verstandestätigkeit an die Bewegung des feinsten Stoffes gemeint gewesen sein, wie auch panzoistisch bei Heraklit der λόγος nicht das πῦρ ἀείζωον selbst ist, sondern die Vernunfttätigkeit, die an die ewige Innenbewegung des ätherischen Leibes gebunden bleibt.

Diogenes von Apollonia in Kreta, ein Zeitgenosse des Anaxagoras und Anhänger des Anaximander, scheint die Lehre des Anaxagoras so aufgefaßt zu haben. Er fand wenigstens die Vorstellung unwürdig, daß es jemals einen Urstoff gegeben haben solle, der die Verstandestätigkeit nicht ewig ausgeübt haben sollte.[1] Diogenes empfand den Weltverstand

[1] Nach Simplicius, phys. 153, 20: „ἀλλὰ τοῦτο μοι δῆλον δοκεῖ εἶναι, ὅτι καὶ μέγα καὶ ἰσχυρὸν καὶ ἀίδιόν τε καὶ ἀθά-

nicht dualistisch als eine zum Chaos hinzutretende fremde Macht. Er erblickte vielmehr monistisch in dem Chaos selbst eine unwürdige Vorstellung von einer Lähmung oder Betäubung des ewigen Denkens.

Wird der Nûs des Anaxagoras als feinster Stoff aufgefaßt, der gleichzeitig die andere Seite eines höchsten Verstandes ist, dann ist jedenfalls dieser Stoff mit den übrigen Stoffen vollständig unverbindbar. Er herrscht über die anderen Stoffe und darf sich daher niemals mit ihnen vereinigen, sonst verlöre er die Herrschaft über sie. Das würde uns nicht hindern können, den feinsten Stoff mit den gröberen, beherrschten, im Raume gemengt zu denken, denn eine Mengung ist noch keine Verbindung.

Eine ewige Wiederkehr der Weltbildung und Weltauflösung konnte Anaxagoras in sein System nicht aufnehmen. Es gibt nur einen einmaligen, verstandesmäßig gewollten und in der Ausführung begriffenen Übergang vom ungeordneten Zustande des Chaos zum geordneten des Kosmos. Sobald dieser erreicht sein wird, kann der Wille des νοῦς nur mehr auf die ewige Erhaltung der Ordnung gerichtet sein. Es gibt keinen Rückfall in das Chaos und kein freiwilliges Einschlafen des Nûs. Bei Heraklit war die Rückkehr zum Uräther die Rückkehr zur Vollkommenheit. Aus Anaxagoras wie aus Heraklit spricht die gleiche Sehnsucht nach der Vollkommenheit.

Ganz anders wird Anaxagoras von Platon und von Aristoteles aufgefaßt. Hier gilt er als ein Denker, der den Psychismus ahnt, aber nicht zu Ende denkt. Platon läßt den Sokrates im Phaidon sagen, Anaxagoras habe nur die Ursachen der Dinge und Ge-

νατον καὶ πολλά εἶδός ἐστι". Diels, Fragmente der Vorsokratiker I, 1906, Seite 339.

schehnisse gesucht, nicht aber den Zweck, um dessentwillen diese Ursachen sind. Aristoteles spricht mit einer gewissen Enttäuschung davon, daß Anaxagoras den Nûs nur als ein Mittel benütze, um die Weltformung mechanistisch zu erklären, und von diesem Mittel nur dort Gebrauch mache, wo er keine andere Erklärung findet.[1] Aristoteles meinte, daß Anaxagoras das Prinzip des Nûs nicht voll zu verwerten gewußt habe. Dabei beurteilt Aristoteles die Philosophie des Anaxagoras vom aristotelischen Standpunkte des Psychismus. Anaxagoras gebraucht das Wort Psyche zur Bezeichnung des Lebens, wie es die Panzoisten und Pyrozoisten auch tun. Psyche bedeutet noch nicht ein gestaltendes Prinzip. Psyche ist etwas, das vom Nûs beherrscht wird. Der Nûs des Anaxagoras war auch noch keine Seinsmacht wie eine platonische Idee oder ein aristotelisches Eidos, sondern noch ein Geschehnis, ein Werden, ein Tun, Denken und Wollen.

Die Stoiker hatten als Ethiker das Bestreben, Sokrates ähnlich zu leben. Ihre theoretischen Interessen sind den ethischen durchaus tatsächlich, wenn auch nicht ausgesprochener Weise untergeordnet. Der Lebensbegriff der Stoiker ist kein Typus für sich, sondern eine Kombination aller drei Typen, die bisher unterschieden wurden.

Man denke sich, die Psyche der sokratisch-platonisch-aristotelischen Richtung sei nicht eine in sich vollendete Seinsmacht, sondern eine ewig bewegte,

[1] „Ἀναξαγόρας τε γὰρ μηχανῇ χρῆται τῷ νῷ πρὸς τὴν κοσμοποιίαν, καὶ ὅταν ἀπορήσῃ διὰ τίν᾽ αἰτίαν ἐξ ἀνάγκης ἐστί, τότε παρέλκει αὐτόν, ἐν δὲ τοῖς ἄλλοις πάντα μᾶλλον αἰτιᾶται τῶν γιγνομένων ἢ νοῦν.“ Metaphysik A. 4, 985, a. 18.

feinste Stoffart, woran ewig Bewußtsein gebunden ist. Dadurch kehren die Stoiker zum pyrozoistischen Typus zurück. Diese feinste Stoffart, ein die ganze Welt durchdringendes Pneuma[1], behält aber den Charakter des Psychismus im übrigen bei. Dieses Pneuma ist das Belebende; die nicht pneumatische gröbere Materie ist das Belebtwerdende. Von dem Pneuma geht auch die Formung der belebten Körper aus wie von den Ideen Platons[2] und von der Psyche und ersten Entelechie des Aristoteles. Das Weltpneuma hat auch in sich λόγοι σπερματικοί, gewissermaßen die platonischen Ideen als Bewußtseinsinhalt des Weltpneumas. Die Stoiker haben an dem allgemeinen Charakter des Psychismus, an dem Gegensatze zwischen dem nicht selbst Lebenden, sondern nur Belebtwerdenden, zwischen dem sich nicht selbst Formenden, sondern nur Geformtwerdenden und der belebenden, formenden Macht festgehalten. Sie ersetzen aber die in sich vollendete Seinsmacht durch eine Tätigkeitsmacht, durch die nimmer ruhende Bewegung eines allverbreiteten Pneumas, woran das nimmer ruhende göttliche Denken gebunden ist. Hierin liegt die Fortbildung des heraklitischen Panzoismus.

So wie in der Lehre Heraklits war auch hier einst der ganze Raum von feinstem Uräther erfüllt. Dieser feinste Uräther war in seiner Bewegtheit der Leib der göttlichen Vernunft, des Logos. Der Logos verwandelt einen Teil seines ätherischen Leibes in Luft, Wasser, Erde und irdisches Feuer. Die Lebewesen formen sich unter dem Einflusse der im Logos

---

[1] πνεῦμα διῆκον δι᾽ ὅλου τοῦ κόσμου, πῦρ τεχνικόν, πνεῦμα ἔνθερμον.

[2] stoisch interpretiert.

enthaltenen λόγοι σπερματικοί. Der menschliche Leib enthält einen Teil, einen Ausfluß, ein ἀπόσπασμα des ursprünglich einzigen Logos. Von diesem Pneuma wird der Leib geformt, belebt, beherrscht. Dieses Pneuma heißt auch Psyche. Diese Psyche ist feinster Stoff, an dessen ewige, unverlierbare Bewegung Bewußtsein gebunden ist.[1] Die menschliche Psyche oder das menschliche Pneuma durchdringt den ganzen menschlichen Leib.[2] Diese Psyche ist so ausgedehnt wie der Leib. An die Bewegungen dieses Pneumas sind je nach den Sinnesorganen und am Orte der Sinnesorgane selbst verschiedene Empfindungen gebunden; an anderen Orten sind das Sprechvermögen und die Zeugungskraft lokalisiert; an die Bewegungen des das Herz durchdringenden Pneumas ist das Vorstellen in der Phantasie und in der Erinnerung, das Begehren und das Denken gebunden. Die pneumatischen Bewegungen pflanzen sich alle in das Herz fort, so daß sie dort aufeinander wirken, durch die Erweckung der Denktätigkeit reguliert werden und an die Orte der Muskelbewegung abströmen können. Daher heißt das Herzpneuma das regierende Pneuma.[3] Wir würden heute vielleicht sagen, wenn wir Stoiker wären, an der Peripherie des Pneumas werde perzipiert und das Zusammentreffen der Perzeptionsbewegungen im

[1] Zum Beispiele: Diogenes Laërtius, 157: „Ζήνων δὲ ὁ Κιτιεύς . . . πνεῦμα ἔνθερμον εἶναι τὴν ψυχήν". Chrysippus ap. Nemes. de nat. hom. c. 2, p. 33: „ὁ θάνατός ἐστι χωρισμὸς ψυχῆς ἀπὸ σώματος· οὐδὲν δὲ ἀσώματον ἀπὸ σώματος χωρίζεται· οὐδὲ γὰρ ἐφάπτεται σώματος ἀσώματον· ἡ δὲ ψυχὴ καὶ ἐφάπτεται καὶ χωρίζεται τοῦ σώματος. σῶμα ἄρα ἡ ψυχή." Arnim, Stoic. vet. fragm., pars I, 135, 137, Seite 38.

[2] παντὶ τῷ σώματι διῆκον.

[3] τὸ ἡγεμονικόν.

Herzen sei die Bedingung der wechselseitigen Apperzeption. Nach der Auflösung des gröbermateriellen Leibes kann das Pneuma des Individuums in seiner individuellen Selbständigkeit eine Weltperiode lang ohne Körper fortexistieren. Wir finden hier zwei Lehren: den Glauben an die Fortexistenz aller menschlichen Pneumata[1], und den Glauben an die Fortexistenz der Pneumata der Edelmenschen, der Weisen.[2] Nach Ablauf einer gewissen Zeit kehrt die gröbere, die unbelebte wie die passiv belebte Materie in den Zustand des feinsten Uräthers zurück, und jede minderwertige Vernunft sowie jedes vernunftlose Empfinden kehrt zur Vollendung zurück und vereinigt sich mit dem Logos. Die Auflösung der Welt heißt Ekpyrose. Die Bildung und Auflösung der Welt wiederholt sich in ewiger Wiederkehr des Gleichen. Dieser Glaube war die logische Folge davon, daß das Pneuma, die Psyche, der Logos keine in sich vollendete, geschehnislose Seinsmacht von höchster Würde war, sondern eine Tätigkeitsmacht, die ihre höchste Würde nur im Zustande der allgemeinen Aufgelöstheit zum Uräther besaß. Gäbe es in der Welt kein Übel und keine Unvernunft, so hätten weder Heraklit noch die Stoiker ein Motiv gehabt, an die Ekpyrose zu glauben.

Wir sehen hier, wie sich die Tradition des heraklitischen Panzoismus mit dem sokratisch-platonisch-aristotelischen Psychismus vereinigt. Diese Vereinigung gelang nur dadurch, daß die durchgängige Selbstlebendigkeit des Urstoffes wenigstens für die Weltdauer zwischen einer Verdichtung und der nächsten Ekpyrose eingeschränkt wurde. Innerhalb einer

[1] Kleanthes.

[2] Chrysippos.

solchen Weltdauer wird die Materie in eine belebbare und eine belebende, eine formungsfähige und eine formende, eine regierbare und eine regierende unterschieden. Diese Unterscheidung erinnert an den Pyrozoismus mit seiner bevorzugten Stoffart. In jeder Weltauflösung geht der Pyrozoismus wiederum in den Panzoismus über. Man kann daher sagen, daß im stoischen Lebensbegriffe alle drei Typen: Panzoismus, Pyrozoismus und Psychismus zur Vereinigung gelangt seien, wobei natürlich jeder der Typen etwas von seiner Reinheit opfern mußte.

Die stoische Auffassung vom menschlichen Pneuma finden wir noch bei Tertullian[1] nachklingend. Dieses Pneuma, bei Tertullian anima genannt, sei zart, hell, so groß und so gestaltet wie der menschliche Leib. Die anima wächst mit dem Leibe. Die männliche anima kann einen Teil ihrer selbst in der Fortpflanzung abteilen, so daß wir alle großgewordene Teile der Seele Adams sind. Die anima überlebt den Körper; sie ist unvergänglich, unauflöslich und unteilbar.

Ein moderner Naturforscher könnte leicht auf den Gedanken kommen, daß das Pneuma der Stoiker und die anima Tertullians ganz unfaßbare Begriffe wären, da zwei verschiedene Körper nicht im selben Raume sein können, und da die ganze Konstruktion auch nicht atomistisch durchgeführt wird. Hier könnte man dem modernen Bedürfnisse nach größerer Klarheit etwa entgegenkommen, indem man die Möglichkeit einer atomistischen Konstruktion zugibt, die vielleicht hätte ausgeführt werden können. Man kann sich auch denken, daß das Pneuma von der sinnenfälligen Materie begriffsmäßig hätte geschieden werden

[1] 160—222, Presbyter zu Karthago. De anima.

können, und zwar durch absolute Schwerlosigkeit und durch absolute Durchdringlichkeit. Das Pneuma wäre dann eine absolut durchdringliche Raumerfüllung durch eine Qualität X.[1] Es liegt aber dem antiken Geiste ferne, die Begriffe bis zu diesem Grade der Klarheit zu treiben.

Vergleichen wir die antiken Lebensbegriffe, so finden wir, daß sie alle im Negativen übereinstimmen. Diese Begriffe haben miteinander die Ahnungslosigkeit ihrer Zeit gemeinsam. Es fehlte die Möglichkeit, gewisse drei Tatsachengruppen auch nur in kühner Phantasie erraten zu können. Diese drei Tatsachengruppen heißen: Chemismus, Zellen- und Gewebestruktur, Symbiose. Das Altertum hat alles ausgeschöpft, was an Möglichkeit einer Begriffsentwicklung ohne die Kenntnis dieser Tatsachen möglich war. Ein unchemischer, unhistologischer, unsymbiologischer Lebensbegriff konnte nicht weiter entwickelt werden. Die Zeit, worin sich die genannten Entdeckungen häufen, ist die Scheidung zwischen den alten und den neuen Lebensbegriffen. Es gibt kein Altertum, kein Mittelalter und keine Neuzeit in der Geschichte dieses Begriffes, sondern die antiken Begriffe stagnieren in die Neuzeit hinein, um dann gänzlich neuen Begriffsbildungen Platz zu machen. Was wir im Mittelalter und in der Neuzeit vor dem Anbruch der neuesten Zeit finden, das sind nur Varianten der alten aristotelischen Lebenseigenschaften.

Um bei der Beurteilung der antiken Begriffe gerecht sein zu können, muß man sich gegenwärtig halten, daß die Kenntnis der zu begreifenden Tatsachen nur in der oberflächlichsten Weise, so gut

[1] Mit anderen Worten: wie will man διήκειν modern übersetzen können?

wie gar nicht, vorhanden war. Aristoteles hatte recht, die Lebenserklärungen der Panzoisten und Pyrozoisten für ganz unbefriedigend zu halten. Heute lautet das Problem anders. Heute geht die Frage dahin, ob sich aus dem Spiele physikalisch-chemischer Vorgänge an einer günstig konstellierten Materie der Bestand, vielleicht sogar die Entstehung einer Organisation begreifen lasse. Aristoteles aber stand vor der Frage, ob das Spiel physikalischer Vorgänge ausreiche. Es gibt heute keinen Naturforscher, der sich den Bestand, geschweige denn die Entstehung eines Organismus ohne Chemismus denken könnte. Nicht einmal die Selbstformung eines unbelebten und unbelebbaren Kristalles kann rein physikalisch erklärt werden, weil selbst hier ein Rest einer ungesättigt gebliebenen chemischen Affinität die Lagerung der Moleküle und der Kristallpartikel gegeneinander zu regieren scheint. Aristoteles erkannte sehr richtig die Unzulänglichkeit des rein physikalischen Lebensbegriffes, der rein physikalischen Assimilation, des unhistologischen Wachstums, der unhistologischen Selbstformung. Da er die Ausfüllung dieser Lücke durch Chemismus und Histologie, durch Zellenwachstum, Zellteilung, Kernteilung nicht zu bieten vermochte, so wandte er sich dem platonischen Psychismus zu, den er in seiner eigenartigen Weise zum aristotelischen Psychismus umgestaltete. Die Neovitalisten unserer Tage können keinen Beweis bringen, daß sie Aristoteles auf ihrer Seite hätten, wenn er heute lebte und auf Grund der modernen Kenntnisse seine Lebensbegriffe heute gestaltete.

Literatur.

Spezielle Literatur bei Überweg-Heinze, Grundriß der Geschichte der Philosophie, Bd. I, 10. Auflage 1909, bearbeitet und herausgegeben von Praechter.

Ed. Zeller, Die Philosophie der Griechen, Tübingen 1844 bis 1852, in 5., 4. und 3. Auflage 1879—1904. 5 Teile.

Cohen, Die platonische Ideenlehre, 1866, in der Zeitschrift für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft, Bd. IV.

Teichmüller, Gustav, Studien zur Geschichte der Begriffe, 1874.

Eucken, Geschichte der philosophischen Terminologie, 1879.

Gomperz, Theodor, Griechische Denker, 1895—1898, zweite Auflage in 3 Bdn. 1906—1909 (erschienen bis zur 4. Lieferung des 3. Bandes, Mai 1909).

Windelband, Platon, 1900, 4. Auflage 1905.

Natorp, Platos Ideenlehre, 1903.

Diels, Die Fragmente der Vorsokratiker, griechisch und deutsch, 1903, 2. Auflage 1906. Berlin.

Arnim, von, Stoicorum veterum fragmenta in 3 Bdn., 1905.

Houston Stewart Chamberlain, Immanuel Kant, München 1905, fünfter Vortrag: Plato. Exkurs über das Wesen des Lebens.



2. Leben in der Bedeutung von Bewußtsein.

Es liegt im Interesse der klaren Forschung, den Lebensbegriff von dem Bewußtseinsbegriff gänzlich zu trennen, die Lebenserscheinungen in die Biologie und Physiologie, die Bewußtseinserscheinungen in die Psychologie zu verweisen. Es ist ja gewiß richtig, daß das Bewußtsein die wertvollste Begleitung der Lebensvorgänge ist, und daß hierin das animalische Leben dem vegetabilischen und das menschliche dem animalischen überlegen sei. Man muß nicht der Meinung beistimmen, daß mit dem Bewußtsein auch das Übel und das Leiden am Leben verschwände und es daher besser sei, das Leben würde gar nicht von Bewußtsein begleitet werden. Aus der hohen Wertschätzung des Bewußtseins folgt aber nicht die Notwendigkeit der Verwischung der Begriffsgrenzen zwischen Leben und Bewußtsein. Es folgt noch weniger die Notwendigkeit daraus, das Bewußtsein als bauenden, bewegenden, dienenden Faktor in die Lebensvorgänge einzuführen. Man hört sehr häufig sagen, eine Biologie und eine Physiologie auf physikalisch-chemischer Grundlage behandle das Bewußtsein als ein entbehrliches „Epiphänomenon", als einen Luxus der Welt und der Natur, der ebensogut hätte wegbleiben können, ohne daß die physiologischen

Tatsachen im mindesten verändert worden wären. Dieser Einwand ist einseitig. Die Lebensvorgänge können in einem Verhältnisse der Dienstbarkeit zu den Bewußtseinsvorgängen stehen. Das Verhältnis der Dienstbarkeit ist um so schärfer charakterisiert, je weniger der Herr in die Verrichtungen des Dieners nachhelfend und mitwirkend selbst eingreifen muß. Was würde man von einem Techniker sagen, der eine Eisenbahn so baut, daß die Passagiere die Räder mitdrehen müssen, damit nicht der Tadel erhoben werden könne, die Passagiere seien als entbehrliche Epiphänomene behandelt worden; der Zug laufe auch ohne sie und ohne sie sogar besser. Diese Logik bleibt gleich anwendbar, ob man nun den Mechanismus als das Mittel eines Weltzweckes oder die bestehende Welt als ein zweckloses Ergebnis eines Mechanismus behandeln will.

Wenn auch an die kompliziertesten Lebensvorgänge immer Bewußtsein gebunden sein mag, so ist es doch in jedem Falle möglich, die reine Lebensseite für sich zu behandeln, ohne Rücksicht auf das begleitende Bewußtsein. Man kann auch andrerseits ein scharfer psychologischer Selbstbeobachter und Interpret fremder Ausdrucksbewegungen sein, ohne nennenswerte physiologische Kenntnisse zu besitzen.

Insbesondere ist es ratsam, den Ausdruck Irritabilität oder Reizbarkeit innerhalb der Physiologie auf die physikalisch-physiologischen und chemisch-physiologischen Vorgänge zu beschränken, und nicht etwa die Kontraktilität neben der Irritabilität und die Sekretion neben der Irritabilität als etwas anderes und neues anzuführen. Die Irritabilität als Lebenserscheinung ist eben das Vermögen einer charakterisierten körperlichen Reaktion physikalischer oder chemischer Natur auf einen physikalischen oder che-

mischen Reiz. Die psychologische Reizbarkeit ist davon verschieden. Diese kann durch Introspektion gefunden und durch Interpretation von Ausdrucksbewegungen mit Wahrscheinlichkeit hingestellt werden. Die psychologische Irritabilität ist an die physiologische gebunden, aber nicht mit ihr identisch. Man kann das Verhältnis auch umgekehrt ausdrücken, die psychologische Irritabilität äußere sich durch die physiologische.

Daß die Lebensvorgänge ohne die Berührung des Bewußtseinsproblemes behandelt werden können, beweist die Pflanzenphysiologie. Hier haben wir das Hauptproblem, nämlich die Assimilation aus den einfachsten Stoffen, also unter den schwierigsten Bedingungen, und alles, was mit der Assimilation zusammenhängt: Wachstum infolge der Assimilation und Selbstteilung infolge des Wachstums. Hier haben wir auch die Selbstformung aus einfach scheinenden Anlagen mit Gewebebildung und komplizierter Differenzierung. Hier haben wir endlich die Entdeckung der Symbiose von Pflanze mit Pflanze mit überraschenden Entwicklungsfolgen.

In der animalischen Physiologie liegt es näher, das Bewußtsein, insbesondere die Empfindung in den Lebensbegriff einzubeziehen; insbesondere bei jenen animalischen Wesen, die ein eigenes Nervensystem besitzen und Neurozoën genannt werden können. Die Kontraktilität, die dem pflanzlichen Leben nicht fehlt, spielt eine weitaus größere Rolle, ebenso die Sekretion. Ganz eigenartig und nur neurozoisch ist das Vorhandensein eines Neuronensystemes, das ein durch sich selbst veränderliches System von Reizleitungsbahnen mit wandelbarem Reizleitungsvermögen darstellt. Immerhin ist es auch hier möglich, jedes Problem reinlich in den physiologischen und

in den psychologischen Anteil zu zerlegen und jeden Teil für sich zu behandeln.

Nach der panzoistischen Vorstellung der älteren jonischen Naturphilosophen war jede Bewegung des sichtbaren Stoffes, nicht nur die animalische, der Ausdruck eines Begehrens oder Willens und jedes Bewegtwerden die andere Seite einer Empfindung. Thales erklärte die Anziehung des Eisens durch das Leben (Psyche) des Magnetes, dessen feine Bewegung, etwa eine Atmung, wir nur nicht sehen.[1] Empedokles[2] nahm vier Elemente an: Feuer, Luft, Wasser und Erde. Er erklärte die Bewegung durch Liebe und Haß der Teile zu- und gegeneinander. Dies war keine bildliche Ausdrucksweise für Anziehung und Abstoßung, sondern eben diese Empfindungen sollten die Erklärung der Anziehung und der Abstoßung sein. Hier haben wir das andere Extrem zur Methode der Behandlung. Alles, auch die einfachste physikalische Bewegung konnte damals nur durch das Bewußtsein verstanden werden, während heute fast nichts als erklärt gilt, solange es nicht gelungen ist, das Bewußtsein als bewegenden Faktor auszuschalten, und als Ergebnis, nicht als Ursache darzustellen.

Empedokles war durch seine Vorgänger in eine Verlegenheit gebracht worden. Thales, Anaximander und Anaximenes waren von der Idee der Einzigkeit des Stoffes erfüllt. Thales wählte das Wasser, Anaximenes die Luft und Anaximander einen mit keinem der sichtbaren Stoffe ähnlichen, noch undifferenzierten oder durch nichts Bekanntes bestimmbaren Urstoff oder das Apeiron. Nun entstand aber die Frage,

---

[1] Vgl. Seite 8.

[2] geb. um 490 v. Chr.

vor die sich Empedokles gestellt fand: wie kann in eine homogene Raumerfüllung, sie möge nun eine Erfüllung durch Wasser, durch Luft oder durch Urstoff sein, eine Bewegung hineinkommen? An allen Orten ist das Gleiche. Warum soll sich das Eine an den Ort des Anderen begeben, wenn sich durch die Bewegung im Weltzustande nicht das mindeste ändert? Empedokles mußte daher von der bereits angenommenen Einzahl des Stoffes zurück, um Gegensätze zu bekommen. Er wählte vier Elemente. Jetzt war die Lage der Stoffteile im Raume nicht mehr gleichgültig. Ein Moderner würde zunächst an die Selbstordnung durch fernwirkende Anziehung oder an die Selbstordnung durch Stoß ohne Fernwirkung denken. Der Panzoist Empedokles muß zunächst an die Empfindungen und Begehrungen der lebenden, nicht nur passiv belebten Teilchen denken.

Empedokles konstruierte seine Hypothese so, daß jede Anziehung eine Äußerung der Liebesempfindung sei. Wenn alle Teile der Welt, auch die Teile ungleicher Elemente, sich gleich stark lieben und gleich stark anziehen, so entsteht eine gemengte Kugel, in der sich nichts rührt, der Sphairos. Das Weltganze hat in diesem Zustande nur die Empfindung der Liebe. Daher nennt Aristoteles diesen Weltzustand im Sinne des Empedokles den glückseligsten Gott.[1] Diesen Gott, dem die Empfindung des Hasses und die Tat der Abstoßung fehlt, nennt Aristoteles den ἧττον φρόνιμος. Er liebt mehr und weiß weniger. Er kennt nämlich nicht den Haß und die daraus entstehende Weltordnung. Durch den Haß, der zugleich mit der Abstoßung in die Welt kommt, sondern sich die Elemente im Raume. Durch einen

[1] εὐδαιμονέστατος θεός. Metaphysik B. 4, 1000, b. 3.

Rest von Liebe, der mit Anziehung zugleich ist, hält der einzelne Körper in sich zusammen. Die sogenannten lebenden Körper ziehen das an sich und lieben das, was sie zu ihrer Selbsterhaltung brauchen. Sie haben hierin keine andere Eigenschaft als die sogenannten unbelebten Körper, denn alles ist selbstlebend, aus eigener Macht liebend, sich selbstbewegend. Der Besitz eigener Bewegungsorgane steigert nur die Macht ohne einen Unterschied zwischen dem Lebenden und dem Nichtlebenden zu begründen. Es gibt nichts, das nicht lebt. Indem die Abstoßung und der Haß immer weiter um sich greifen, Anziehung und Liebe immer weniger werden, erfolgt schließlich die allgemeine Auflösung der Welt durch allgemeine Abstoßung der Teile voneinander. Die Verwandlung der Liebe in Haß ist ebenso ein Teil des Kreislaufes, wie die Nacht auf den Tag folgt und der Winter auf den Sommer. Der allgemeine Haß verwandelt sich wieder in allgemeine Liebe und Anziehung, wodurch der Sphairos wiederhergestellt ist und die Welt vom neuen entsteht. Auf die Nacht folgt wieder der Tag und auf den Winter der Frühling. Hätte Empedokles Liebe und Haß an die Elemente unveränderlich gebunden, so wäre die Bewegung, die er in die Welt bringen konnte, alsbald ins Stocken geraten. Empfindungen und Begehrungen sind hier noch unentbehrliche bewegende Faktoren, nicht bloß für die biologischen, sondern für sämtliche Naturerscheinungen.

Anaxagoras[1] nahm von sämtlichen Lebewesen, von den Pflanzen wie von den Tieren, an, daß sie fähig seien, Trauer und Freude zu empfinden. „Anaxagoras und Empedokles sagen, daß" die Pflanzen „von

[1] geb. um 500 v. Chr.

Begierde bewegt werden; sie versichern fest, daß diese empfinden, trauern und sich freuen. Anaxagoras lehrte, daß sie auch Tiere (ζῷα) seien und sich freuten und trauerten, indem er dies dem Laubfall (ἀπορροῇ) und dem Wachstum entnahm".[1] Diese Lehre war keine entbehrliche poetische Ausschmückung, sondern ein Erklärungsversuch mit der Empfindung des logisch Unausweichlichen. Die Pflanzen könnten gar nicht Pflanzen sein, wenn sie nicht durch den Nûs zu Pflanzen gemacht würden. Aus einem intellektuell schlafenden Stoffgemenge wird nichts. Das schlafende Stoffgemenge freut sich auch nicht und trauert nicht. Im Gefolge der erwachenden Verstandestätigkeit ist nicht nur die Entwicklung, sondern auch Freude und Trauer.

Thomas Campanella (1568—1639) erklärte noch mehr als zwei Jahrtausende später das physiologische Leben und jede physikalische Bewegung durch das Bewußtsein. Mundus est Dei viva statua. Alles lebt, und alles empfindet. Der leere Raum empfindet die Leere und begehrt die Erfüllung. Die welkende Pflanze empfindet Trauer und den Turgor empfindet sie als Freude.

Es ist nun ein großer Unterschied, ob man das begleitende Bewußtsein annimmt, oder ob man außerdem mit diesem begleitenden Bewußtsein als einem physikalischen Faktor rechnet. In dieser Beziehung war Cartesius (1596—1650) ein Bahnbrecher für die Sonderung des Lebensbegriffes vom Bewußtseinsbegriffe. In seiner Schrift „Über die Leidenschaften der Seele"[2] vergleicht er den lebenden menschlichen Körper geradezu mit einer Uhr, die aufgezogen ist

---

[1] Aristoteles, περὶ φυτῶν A. 1, 815, a. 15.

[2] Les passions de l'âme, 1650, erster Teil, Artikel 6.

und alles zu ihrer Selbstbewegung Nötige in sich hat. Zerbricht die Maschine, so wird sie von der Seele verlassen. Es sei ein Irrtum, zu glauben, die Seele gebe dem Körper Wärme und Bewegung. Cartesius hatte die strenge Methode, aber nicht den engeren Gesichtskreis eines reinen Mechanikers. Die Seele und mit ihr das Bewußtsein ist nach Cartesius als formender Faktor ganz ausgeschaltet und als bewegender Faktor auf ein Minimum der physikalischen Arbeitsleistung eingeschränkt. Das Bewußtsein ist kein Zugpferd am Wagen des physiologischen Lebens, sondern ein Reiter, und das physiologische Leben selbst ist ein Pferd. Der Körper formt sich selbst, wächst und ernährt sich, bewegt sich auch selbst nach Art der selbstbeweglichen Maschinen, was die tierischen Körper betrifft, ohne daß die Seele und ihr Bewußtsein dazu nötig wäre, darin etwas beschleunigen, verändern oder regieren könnte. Die menschliche Seele vermag sich nun der durch das Spiel der physischen Kräfte gewordenen Maschine zu bedienen. Nicht sie wird von der Maschine gelenkt, sondern die Maschine von ihr. Hierin wird die Seele als ein physikalisch minimaler Faktor der Bewegung des Organismus beibehalten. Nach Cartesius beruht jede Bewegung in letzter Linie auf Druck- und Stoßgesetzen. Die kinetische Energie maß Cartesius durch die Bewegungsgröße mc im Augenblicke der Berührung beim Stoße. Unter m ist hier der Kubikinhalt der Raumerfüllung des stoßenden Körpers zu verstehen, da Cartesius keine fernwirkenden Kräfte annahm, daher eine Definition des m durch p und g noch nicht möglich war. Cartesius wollte es unbedingt vermeiden, daß eine Bewegung der Körpermaschine durch einen Stoß von der Seele aus stattfinde. Dazu hätte eine Bewegungs-

größe mc in die Welt kommen müssen, die vorher nicht da war, und durch die Seele aus nichts gezaubert worden wäre. Die immaterielle Seele hat weder m noch c; sie kann Bewegungsgröße mc weder abgeben noch aufnehmen. Andrerseits ist das Uhrwerk der Seele willen, das Roß des Reiters willen da und nicht umgekehrt. Wie kann die Seele die Bewegung des Uhrwerkes lenken, wenn sie nicht stoßen oder drücken kann? Hier ersann Cartesius einen interessanten Ausweg. Er ließ die sogenannten Lebensgeister, nämlich die beweglichsten und feinsten Teilchen des Blutes in großer Menge in das Gehirn strömen. Dort nun war die angeblich von Natur selbstbewegliche Zirbeldrüse. Mit diesen Bewegungen sollen Vorstellungen verbunden sein. Wenn es nun der menschlichen Seele gelingt, die Bewegungsrichtung der Zirbeldrüse durch den Willen zu drehen, so reguliert sie dadurch wie durch eine Hahndrehung die Bahnen der strömenden Lebensgeister und dadurch entscheidet sie zwischen den mechanisch gleich gut möglichen Bewegungen. Cartesius stellte sich hier offenbar vor, daß die Seele durch eine Verschiebung der in Selbstbewegung begriffenen Zirbeldrüse kein mc schaffe, das früher nicht dagewesen wäre, sondern nur ein vorhandenes mc in eine andere Richtung bringe. Die Summe der mc in der Welt wird dadurch, wenn man von der Bezeichnung der Richtung absieht, weder vermehrt noch vermindert. Zur selben Drehung oder Schiebung wäre sonst bei Abwesenheit der Seele ein physischer Stoß eines physischen Körpers erforderlich gewesen. Die Seele leistet daher physikalische Arbeit, aber unter der Bedingung, daß dadurch die Summe der vorhandenen mc weder vergrößert, noch verkleinert, sondern nur in der Richtung verändert werde, was einem im-

materiellen Wesen eher zugemutet werden kann. Das war vorhin gemeint, als gesagt wurde, Cartesius habe die Seele und mit ihr das Bewußtsein als bewegenden Faktor auf ein Minimum der zu leistenden physikalischen Arbeit eingeschränkt. Da die Tiere auf gleiche Reize unter gleichen Umständen wahllos gleich reagieren, so wußte Cartesius mit einer Seele für die Tiere nichts anzufangen und nahm an, daß die Tiere überhaupt nicht beseelt seien.

Cartesius hat die Lebenseigenschaften: Assimilation und Selbstformung für das gesamte Reich der Lebewesen, und die Eigenschaft der Selbstbeweglichkeit (die Selbstbeweglichkeit im Pflanzenreiche kam damals nicht in Betracht) für das gesamte Tierreich vollständig von dem Bewußtseinsprobleme getrennt, und auch die Selbstbeweglichkeit des menschlichen Körpers nur dann durch die Seele erklärt, wann eine vernünftige Wahlhandlung stattfindet.

Wir finden also bei Cartesius eigentlich das Gemenge des Lebensbegriffes der Alten in drei Begriffe scharf gesondert: in das rein mechanistisch zu durchforschende Leben der Organismen, in das unabhängig davon durch psychologische Introspektion (sum ens cogitans) zu durchleuchtende Bewußtsein und in den dritten Fall der Wirkung des Lebens auf das Bewußtsein und der Wirkung des Bewußtseins auf das Leben. Die letztgenannte Einwirkung ist nicht konstitutiv, sondern regulativ. Diese wechselseitig mögliche Einwirkung ist nach Cartesius nicht ausgeschlossen, sie setzt nur den concursus Dei oder die assistentia Dei als Mithilfe voraus.

Die sogenannte materialistisch - mechanistische Richtung erhält man aus der Cartesianischen Auffassung, wenn man die Regulierung der „Strömungen der Lebensgeister", wir würden heute sagen, die Um-

legung der Reizleitungsbahnen durch einen Eingriff der Seele gleich Null setzt. Dabei wird an die Stelle des vernünftigen immateriellen Wollens die günstigere oder höhere, wertvollere physische Konstitution gesetzt. Die Cartesianische Weltanschauung wird dadurch allerdings in das Gegenteil verändert, denn jetzt dient die lebende Maschine nicht mehr der wollenden Seele, sondern die lebende Maschine, an die das Bewußtsein gebunden gedacht wird, wird zum Selbstzweck gemacht, und zwar jede als ein Selbstzweck für sich mit der Möglichkeit von Kooperationen und Kollisionen der Maschinen untereinander. Lassen wir die philosophische Prüfung der Weltanschauungen beiseite, und wenden wir uns nur zur Entwicklungsgeschichte der Begriffe, mit denen Weltanschauungen gebaut werden, so finden wir, daß diese Richtung von den drei Begriffen des Cartesius zwei, nämlich den engeren Lebensbegriff unverändert übernimmt und auch den Begriff des Bewußtseins vom Begriffe des Lebens unabhängig konstruiert. Ich meine, der Begriff sei insofern unabhängig, als nicht in die Definition des Bewußtseins die Bestimmung aufgenommen wird, daß das Bewußtsein den Körper bauen und in Selbstbeweglichkeit bringen und erhalten müsse. Diese Begriffsbildung schließt nicht aus, daß die Abhängigkeit des Bewußtseinsinhaltes und seiner Veränderungen von körperlichen Vorgängen studiert wird.

Da wir nun nicht das Schicksal des Bewußtseinsbegriffes, sondern das Schicksal des Lebensbegriffes zu verfolgen haben, so können wir uns mit zwei Ergebnissen begnügen: Wir haben zwei divergierende Ansichten. Nach der einen ist der Lebensbegriff vollständig unabhängig von dem Bewußtseinsbegriffe konstruierbar, und die Lebenserscheinungen

sind vollständig unabhängig von den psychophysischen Problemen durchforschbar, aber nicht umgekehrt. Nach der anderen Ansicht gibt es ein reserviertes Gebiet, nämlich die Entstehung von Reizen oder mindestens die Regierung von Reizleitungen in den motorischen Nervenbahnen in den Fällen der überlegenden, vernünftig wollenden Entscheidung. Denken wir dieses reservierte Gebiet außer Diskussion gestellt, so bleibt ein Riesengebiet des pathologischen und des normalen Lebens übrig, über dessen beste methodische Durchforschung die Anhänger beider Richtungen die gleiche Anschauung haben. Beide Richtungen kommen darin überein, daß die mechanistische Forschungsmethode mindestens außerhalb des strittigen Gebietes anzuwenden sei, und daß ungelöste Probleme als ungelöst, nicht aber als ewig unlösbar bezeichnet werden sollen.

Neben beiden Richtungen, neben der cartesianisch-dualistischen und neben der materialistisch-monistischen setzt sich unter dem Namen des Neovitalismus der platonisch-aristotelische Psychismus in die Gegenwart fort. Es ist begreiflich, daß mit der Zunahme der physiologischen und mikroanatomischen Kenntnisse der naive Glaube an die Leichtigkeit der Erklärungen durch das Spiel der physikalischen und chemischen Gesetze an einer günstig konstellierten Materie schwindet. Von dem Verluste des Glaubens an die Leichtigkeit zur Überzeugung von der ewigen Unlösbarkeit ist kein allzu langer Weg.

Die Scheidung des Bewußtseinsbegriffes vom Lebensbegriffe hat in einer radikalen Weise G. Th. Fechner durchgeführt.[1] Das Bewußtsein ist nicht

[1] In „Nanna oder über das Seelenleben der Pflanzen" 1848 und im „Zendavesta oder über die Dinge des Himmels

an die nervöse Substanz schlechthin gebunden, sondern an die Bewegung dieser Substanz. Was soll nun die Bewegung eines Kohlenstoffatomes vor der Bewegung eines Kupferatomes voraus haben, und die Innenbewegung eines vielatomigen Eiweißmoleküles vor der einfacheren Innenbewegung eines Moleküles kohlensauren Kalkes? Was hat die molekulare Bewegung voraus vor der schwingenden Bewegung einer sichtbaren Saite? Ist nicht schließlich jede schwingende Bewegung aus kleinen translatorischen Bewegungen zusammengesetzt, wenn man ein einzelnes Teilchen eines schwingenden Systemes durch genügend kurze Zeit in seiner Bahn betrachtet? Wie will man eine scharfe Grenze zwischen komplizierterer und weniger komplizierter Bewegung ziehen? An welche besonderen chemischen Reaktionen sollen die Bewußtseinstatsachen gebunden sein? Fechner schließt nun, daß es in der ganzen Welt Bewußtsein gebe, wo immer eine materielle Bewegung irgendwelcher Art existieren möge. Ein Nervensystem sei nur die Bedingung eines komplizierteren Bewußtseins, aber nicht der Empfindung überhaupt. Auch die Pflanzen empfinden. Auch die Gestirne haben nach Fechner ein Bewußtsein. Hiermit kehrt Fechner im Grunde genommen zum altgriechischen Panzoismus zurück. Er löst die Frage: wie kommt das Bewußtsein zum lebenden Organismus hinzu? dadurch, daß er sagt, Bewußtsein war immer schon da. Es gibt keine generatio spontanea des Bewußtseins, sowie es keine generatio spontanea der Materie gibt. Eben dadurch, daß das Bewußtsein jede Art von Bewegung einer jeden Art von Materie begleiten soll

---

und des Jenseits“ 1851, zweite Auflage 1901, herausgegeben von K. Lasswitz.

und umgekehrt, macht Fechner die Behandlung des Lebensproblemes von der Behandlung des Bewußtseinsproblemes vollständig unabhängig. Man hat sich innerhalb der Biologie um die Bewußtseinsbegleitung nicht zu kümmern, weil sie immer da ist als die andere Seite und weil das Bewußtsein niemals als formender oder bewegender oder mechanisch dienender Faktor in die materielle Seite eingeschaltet wird. Fechner sagt nicht wie die altgriechischen Panzoisten: alles lebt, πάντα ζῇ, sondern alles empfindet, πάντα αἰσθάνεται. Die Naturkörper bleiben bei Fechner trotz des Empfindungsvermögens scharf geschieden in lebendige und unbelebte. Die lebenden heißen nicht so, weil sie eine Empfindungsseite haben, sondern weil sie assimilieren, durch Assimilation wachsen und sich vermehren (die vorhandene Organisation selbsttätig teilen).

Daher blieb für Fechner die Frage erhalten: Wie kann Lebendiges aus Leblosem entstehen? Das war für ihn keine Bewußtseinsfrage, sondern eine rein physikalisch-chemische Frage, die er in der originellen Hypothese vom kosmorganischen Weltzustande zu lösen versuchte.

Die Bewußtseinsfrage bedarf einer besonderen Formulierung, um richtig behandelt werden zu können. Hier sei es mir gestattet, über Fechner hinaus die Sache als ein Problem unserer Tage zu behandeln. Man muß sich zunächst darüber klar werden, ob man nach dem Bewußtsein oder nur nach der Empfindung einer Pflanze, einer Zelle, eines Tieres ohne differenziertem Nervensystem usf. fragen will. Bewußtsein besagt weit mehr als Empfindung.

Denken wir uns, die Person A hätte vor sich einen grauen Karton mit einem kleinen schwarzen Kreis von 1 cm Durchmesser, und die Person B

hätte einen anderen grauen Karton mit einem ebenso großen, aber weißen Kreise. Beide Kreise werden gesehen; beide Kreise sind als Empfindungen oder als Perzepta in der Welt, aber nicht in einem einzigen Bewußtsein vereinigt. Je eine Person sieht nur je einen Kreis. Nun legen wir die zwei Kartonstücke nebeneinander, lassen sie von der Person A allein gesehen werden. Die Summe der Perzepta ist jetzt in der Welt nicht größer und nicht kleiner geworden. Die beiden Perzepta gehören jetzt einer einzigen Bewußtseinseinheit an, sie werden von einer einzigen Person zusammengesehen, zusammengeschaut, oder aneinander apperzipiert. Lassen wir nun durch die Person A den schwarzen und den weißen Kreis stereoskopisch vereinigen, so wird ein einziger Kreis von Stanniolglanz gesehen. Die beiden Perzepta sind jetzt zu einem einzigen Perzeptum unifiziert.

Den einzelnen Kreis können wir in farbige Punkte, in visible Minimen zerlegt denken, und in der Phantasie jedes Minimum einer anderen Person zuweisen, die nur ein Auge und in diesem nur ein einziges perzipierendes Element hätte. Das wäre die äußerste Zerstäubung unseres Kreises als eines Bewußtseinsinhaltes in Perzepta, die voneinander nichts wissen. Das wäre ein äußerster Fall einer Disjektion des Bewußtseins in Perzepta oder in elementare Empfindungen. Diese elementaren, disjizierten Empfindungen wissen nicht nur nichts voneinander, sie wissen auch nichts über sich selbst, denn sie denken nicht über sich selbst nach. Trotzdem wären diese disjizierten Empfindungen nicht nichts. Werden alle visiblen Minimen, die den perzipierenden Elementen einer Netzhaut entsprechen, zusammen empfunden oder wechselseitig apperzipiert, so entsteht der monokulare Sehraum, der eben mehr als eine Summe von

Perzepten oder von elementaren Empfindungen ist. Dieser Sehraum ist ein simultanes Apperzeptum. Wenn dieses Apperzeptum mit sehr vielen anderen Perzepten zu einer großen Bewußtseinseinheit apperzipiert wird, dann erst entsteht die Möglichkeit eines Bewußtseins, indem ein Perzeptum dem anderen zum Bewußtsein kommt.

Hier kommen wir zu einem Punkte, wo die Auffassungen der Psychologen auseinandergehen. Die eine Richtung glaubt, daß wirklich durch lediglicheApperzeption einer hinreichend großen Menge von Perzepten namentlich bei reichlichen Erinnerungsvorstellungen und Gefühlsreaktionen es dahin kommen könne, daß der eine Teil des Apperzeptums sich zum Subjekte, und der andere zum Gegenstande der simultanen Apperzeption mache. Die andere Richtung glaubt, daß diese Entwicklung unmöglich sei, und daß sich das Wissen von sich selbst, die reflexio sui ipsius supra se, nur als eine erste Urtatsache hinnehmen lasse. Im Sinne der zweiten Richtung müßte man wohl annehmen, daß bei der fingierten Disjektion einer Bewußtseinseinheit in zahlreiche elementare Empfindung jedes einzelne Perzeptum auch seine eigene reflexio sui ipsius supra se unverlierbar mit sich führt. Das Element würde z. B. Rot empfinden, und auch sich selbst als etwas Rot-Empfindendes wissen. Damit wäre das Bewußtsein erschöpft. Bei der Vereinigung zweier visibler Minimen würde an die Stelle zweier reflexiones supra se eine einzige reflexio treten, die zwei Perzepten gemeinsam ist, die zu einem Apperzeptum vereinigt wurden.

Es ist nicht notwendig, den Streit der Meinungen in das Gebiet der Psychologie zu verfolgen, da allgemein angenommen wird, ein inhaltsreiches Apperzeptum (Bewußtsein im engeren Sinne) sei an ein

Nervensystem gebunden. Es besteht andrerseits kein Hindernis für die Annahme, daß jede beliebige materielle Bewegung, nicht bloß die Bewegung bevorzugter Eiweißmoleküle in bevorzugten Zellen, mit Perzepten (elementaren Empfindungen) verbunden seien. Die richtig gestellte Frage lautet daher nicht: haben die Pflanzen zusammenfassendes Bewußtsein? sondern: haben die Pflanzen zerstäubte Empfindungen? Auch hier muß die Frage noch näher bestimmt sein: hat die vielzellige Pflanze als Ganzes Empfindungen, oder nur die Zelle, oder nur eine letzte Lebenseinheit innerhalb der Zelle?

Eine andere Angelegenheit ist die Sonderung der Begriffe Reizorgan und Sinnesorgan. Man spricht mitunter von Sinnesorganen, oder Empfindungsorganen oder Perzeptionsorganen der Pflanzen, wo man nur von Reizorganen sprechen sollte. Es liegt im Wesen des Cartesianischen Fortschrittes, die Empfindung weder für den pflanzlichen noch für den tierischen Organismus als einen bewegenden Faktor einzuschalten. Jedes Sinnesorgan ist auch zugleich ein Reizorgan. Die besondere Eignung eines Organes, von außen herankommende Energie umzuformen und dadurch besonders günstige Arbeit für den Organismus zu leisten, kann man ganz für sich allein behandeln, ohne das Wort Sinnesorgan oder Perzeption im psychologischen Sinne zu gebrauchen.

Die Lebensvorgänge sind selbstverständlich Phänomene so gut wie die Gegenstände der Mineralogie und der Astronomie. Insoferne können sie auch Bewußtseinsinhalte genannt werden. Das Leben muß daher im Bewußtsein gesucht werden, und nicht das Bewußtsein im Leben. Sowie man nun Mineralogie und Astronomie betreiben kann, ohne die

Bewußtseinsfragen zu berühren, so wird dasselbe auch von der Physiologie und Biologie möglich sein.

Literatur.

Mit besonderer Beziehung auf das vegetabilische Perzeptionsvermögen und die Reizorgane der Pflanze seien genannt:

Fechner, Nanna oder über das Seelenleben der Pflanzen, 1848, 3. Auflage 1903.

G. Haberlandt, Die Sinnesorgane der Pflanzen, Leipzig 1904.

Francé, R. H., Grundriß einer Pflanzenpsychologie, Zeitschrift f. d. Ausbau d. Entwicklungslehre, I. Bd., 1907.

Oelzelt-Newin, Anton, Die Hypothese eines Seelenlebens der Pflanzen, Zeitschrift f. d. Ausbau d. Entwicklungslehre, I. Bd., 1907.



3. Begriffe der Urzeugung.

(Archigonie, Archiogenesis, generatio spontanea, generatio aequivoca, Abiogenesis, Selbstentstehung.)

a) Panzoistischer Urzeugungsbegriff.

Bei den jonischen Naturphilosophen gehörte der Glaube an die Entstehung des Menschen, der Tiere und der Pflanzen aus der nichtorganisierten Materie zu den Selbstverständlichkeiten. Man kann aber nicht sagen, daß diese Denker die Lebensformen aus „toter" Materie hervorgehen ließen. Nichtorganisiert war damals noch nicht mit leblos und mit tot identisch. Die jonischen Panzoisten glaubten, daß die ganze Materie, auch die von uns sogenannte leblose, durchaus empfinde, wolle, sich selbst bewege. Nach Heraklit ist sogar gerade an den desorganisiertesten Zustand, an den feinst verteilten Äther, an das πῦρ ἀείζωον, die höchste Vernunft gebunden. Gerade der desorganisierteste Zustand ist der lebendigste im Sinne des ungetrübtesten vernünftigen Denkens, wie auch im Sinne der intensivsten Selbstbeweglichkeit. Durch die Entstehung der Tiere und der Pflanzen wird das, was die Modernen die Organisation nennen, geschaffen; hingegen das, was Heraklit das Leben nennt, nämlich die höchste Stufe des Logos, der Vernunft und der Selbstbeweglichkeit vermindert. In den Menschen ist der Logos schon verschlechtert, in den Tieren noch

mehr; in den Pflanzen schläft er ein und in der von uns tot genannten Materie verliert das Leben sogar seine Selbstbeweglichkeit. Hätte man Heraklit gesagt, die Lebensformen seien aus toter Materie von selbst entstanden, so hätte er geantwortet: das ist unmöglich. Leben entsteht nur wieder aus Leben. Das Leben ist ewig. Was euch tote Materie zu sein scheint, ist eine Umwandlung eines Stückes des feinsten ätherischen Leibes des ewigen Logos, ist ein verschlechterter Teil des Leibes des eingeschlafenen Logos. Die Urzeugung bedeutet nach Heraklit nicht die Entstehung des Lebenden aus dem Leblosen, sondern die Einkerkerung des Lebenden in vergängliche Organisationen. Der moderne Begriff der Urzeugung ist dem heraklitischen nur äußerlich ähnlich. Urzeugung im panzoistischen Sinne war nicht Lebensurzeugung, sondern nur Organ-Urzeugung. Das organismenlos und organlos Lebende (Denkende, Wollende, sich selbst Bewegende) gab sich selbst in den Organismen seine Weltorgane. Eine Lebensurzeugung war für diesen Standpunkt ein undenkbarer Gedanke.

Wenn Thales sagte, daß alles aus Wasser entstanden sei, so lehrte er damit auch die Urzeugung im Meere, und aus Wasser; aber aus lebendem Wasser, nicht aus unserem H_2O. Daher berichtet auch Aristoteles, es sei nach Thales alles voll von Göttern gewesen. Dies bedeutet bei dem freigebigen Gebrauche des Wortes Gott bei den Griechen so viel wie voll von Leben.

Anaximander läßt die Organismen nicht aus Wasser, sondern aus einem Urstoffe, aber doch auch im Meere entstehen. Es ist ungewiß, ob Anaximander einen einzigen, homogenen Urstoff, ἄπειρον, angenommen habe, der sich in die Elemente differenzierte

und dadurch erschöpfte, oder ein feinstes Gemenge aller Elemente, das sich entmischte. Sicher ist es aber, daß sein Apeiron ein lebendiger Urstoff war, der nicht erst das Leben zu erzeugen hatte, sondern nur seinem eigenen Leben höhere Ausdrucksformen gab. Nach Anaximander stammt der Mensch von einem auch kiemenatmenden, im Meere lebenden Wirbeltiere ab, weil er erst eine gewisse Größe und Ausbildung im Wasser erreicht haben mußte, bevor er ans Land kommen und sich nach Art der Landtiere fortpflanzen konnte.[1] Man sieht auch hier nicht die Frage: wie entsteht das Leben? sondern: wie schafft sich das ewige Leben seine Organe?

Nach Empedokles[2] sind die Pflanzen nicht in unserer gewöhnlichen Erde, sondern aus der noch unfertigen Urerde entstanden, die Tiere aber später. Diese entstanden nicht gleich als ganze Organismen, sondern als einzelne Organe, als Augen, als Köpfe, Arme, auch als passende und unpassende Organ-Kombinationen. Das Passende hat sich erhalten; das Unpassende mußte zugrunde gehen. Später trat an die Stelle der Urzeugung die Gleichzeugung. Man möge auch hier nicht übersehen, daß bereits die Elemente des Empedokles leben; daß es sich nicht

[1] Plutarch, Symp. VIII, 8, 4, p. 730 E.: „οἱ δ᾽ ἀφ᾽ Ἕλληνος τοῦ παλαιοῦ καὶ πατρογενείῳ Ποσειδῶνι θύουσιν, ἐκ τῆς ὑγρᾶς τὸν ἄνθρωπον οὐσίας φῦναι δόξαντες ὡς καὶ Σύροι· διὸ καὶ σέβονται τὸν ἰχθὺν ὡς ὁμογενῆ καὶ σύντροφον ἐπιεικέστερον Ἀναξιμάνδρου φιλοσοφοῦντες· οὐ γὰρ ἐν τοῖς αὐτοῖς ἐκεῖνος ἰχθῦς καὶ ἀνθρώπους ἀλλ᾽ ἐν ἰχθύσιν ἐγγενέσθαι τὸ πρῶτον ἀνθρώπους ἀποφαίνεται καὶ τραφέντας, ὥσπερ οἱ γαλεοί, καὶ γενομένους ἱκανοὺς ἑαυτοῖς βοηθεῖν ἐκβῆναι τηνικαῦτα καὶ γῆς λαβέσθαι.“ Diels, Fragmente der Vorsokratiker I, 1906, Seite 17.

[2] geb. um 490 v. Chr.

um eine Urzeugung des Lebenden aus dem Leblosen, sondern nur um eine Organzeugung durch das nichtorganisiert Lebende und aus diesem bereits Lebenden heraus handelt. Die Elemente des Empedokles waren schon vor der Selbstentstehung der Organe zum Sphairos, zum seligsten Gotte in Liebe vereinigt. Liebe und Haß sind nicht poetische Ausdrücke für die physikalische und chemische Anziehung und Abstoßung, sondern das Bewußtsein als erklärender Faktor der Bewegung.

Auch Anaxagoras nahm eine Entstehung der Organismen an, indem aus der feuchten Erde als einem Bildungsstoffe zusammen mit Keimen, die aus der Luft herabfielen, zuerst Pflanzen und dann Tiere entstanden sein sollen. Natürlich muß es früher in der Luft eine Urzeugung dieser Keime gegeben haben, denn nach Anaxagoras war ursprünglich alles in unendlicher Kleinheit und feinster Mischung beisammen und undeutlich. Die traditionelle Auffassung des Anaxagoras geht dahin, daß ein dem Stoffe wesensfremder Geist, der Nûs, zur Materie hinzugekommen sei, und ihr Bewegung und Form verliehen habe. Wäre der Nûs nicht hinzugekommen, so hätte die Materie in Ewigkeit ungeformt geruht. Die Urzeugung im Sinne des Anaxagoras ist nach dieser traditionellen Auffassung zwar keine Erschaffung der Materie aus Nichts, aber doch immerhin eine Erschaffung der Bewegung und eine Erschaffung der Gestalt durch einen Eingriff des Nûs. Die traditionelle Auslegung gestattet es daher nicht, den anaxagorischen Begriff unter dem Panzoismus anzuführen. Es gibt aber auch eine andere Auffassung, wonach der Eintritt des Nûs das Erwachen der Denkkraft, Bewegungskraft und Gestaltungskraft der in Schlaf versunken gewesenen Materie bedeutet. Der Nûs wäre dann

keine fremde, sondern die eigene Macht des Stoffes gewesen. Der Schlaf könnte durch die innige Mischung der Urstoffe erklärt werden, die dem feinsten Urstoffe, woran der Nûs gebunden ist, die Konzentrierung in einem kleinen Raume erschwerte. Auch nach dieser Auslegung ist die Entstehung der Organismen keine Lebens-Urzeugung, sondern nur eine Formen-Urzeugung, die von dem ewig Lebenden ausgeht, wenn auch dieses Lebende eine unbestimmbar lange Zeit geschlafen haben mag.

---

b) Demokritischer Urzeugungsbegriff.

Demokrit kommt dem modern-mechanistischen Begriffe der Urzeugung scheinbar näher als die anderen Griechen. Er läßt alle Organismen aus feuchtem Erdschlamm entstehen, und beschränkt das Leben auf die Feueratome. Die Organismen gestalten sich selbst aus den sich zusammenfindenden Atomen, die sich durch den Zufall ihrer Bahnen treffen. Wir mögen uns auch hier erinnern, daß die Begriffe Organisation und Leben zu jener Zeit nicht zusammenfallen. Das Leben vermag sich Organe und Organismen zu gestalten, so wie wir uns Werkzeuge formen. Bei Demokrit haben wir nun zwei Gestalten: die unbelebten Atome und die belebten, runden, glatten. Die unbelebten Atome sind auch nicht ganz tot. Ihre Eigenbewegung mit Eigengeschwindigkeit und Eigenrichtung ist ein Rest des Panzoismus. Die Empfindung, der Wille, der Logos ist ihnen genommen. Die Feueratome hingegen leben durchaus. Nun hat jeder lebende Naturkörper nach Demokrit Feueratome in sich, ohne die er sein Leben nicht fortsetzen könnte. Diese Feueratome sind von Ewigkeit her lebendig. Der Pyrozoismus Demokrits kennt daher auch noch

keine Urzeugung des Lebens, sondern nur eine Organ-Urzeugung. Die Naturkörper sind so lange belebt, als sie lebende Atome in sich haben. Werden sie von diesen verlassen, so hören sie zu leben auf. Die demokritische Urzeugung bedeutete daher nur das Zusammentreffen der lebenden, runden, glatten Feueratome mit leblosen zu einer Organismusgestaltung. Die Summe der lebenden Atome im leeren Raume der gesamten Welt wird durch die Entstehung der Organismen nach Demokrit weder vermehrt noch vermindert.

Demokrit ist nicht Materialist, sondern Pyrozoist. Dementsprechend ist die Urzeugung bei ihm ein gemischter Vorgang. In moderner Sprechweise unterscheiden wir die „Entwicklungsfunktionen" von den „Betriebsfunktionen" eines Körpers. In diesem Sinne könnte man sagen, Demokrit erkläre die Entwicklungsfunktionen mechanistisch und die Betriebsfunktionen pyrozoistisch. Jeder Körper besteht aus einem Gerüste, das sich aus leblosen Atomen von selbst aufbaut, und aus lebenden, die den aufgebauten Körper im physiologischen Betriebe erhalten. Das Atmen selbst ist das Ein- und Ausgehen der Feueratome. Die Feueratome formen den Körper nicht, aber sie bewegen ihn, sie bringen ihn zur Atmung[1], sie leiten die Ernährungsbewegung, sie schützen ihn, sie regulieren ihn, sie bringen ihn zur Vermehrung, und zuletzt verlassen sie ihn. Wo ein Körper sich aufzubauen beginnt, dort wird auch sofort der Betrieb durch die überallhin kommenden Feueratome eingeleitet. Ohne Betriebsfunktion gibt es keine Entwicklungsfunktion und umgekehrt.

[1] d. h., nicht der Brustkorb bewegt die Luft, sondern die Lebensluft bewegt den Brustkorb.

c) Aristotelischer Urzeugungsbegriff.

Ganz anders erscheint der Begriff der Urzeugung in der Beleuchtung durch den sokratisch-platonisch-aristotelischen Psychismus. Während für die Panzoisten die ganze Materie, die organisierte wie die nichtorganisierte von Ewigkeit her lebte, und für Demokrit den Pyrozoisten ein Teil der Atomenmenge ewig leblos und der andere ewig lebendig war, gab es für den Psychismus überhaupt nie eine „lebendige“ Materie. Daher war die Frage der Entstehung des Lebenden aus dem Toten wiederum nicht vorhanden. Der Stoff der sogenannten lebendigen Naturkörper war nur belebbar und „belebt“, solange er von der belebenden Psyche gehalten und gelenkt wurde. Selbst lebendig war der Stoff nie. Nach Aristoteles ist in jedem sogenannten lebendigen Naturkörper die formbare, bewegbare Materie mit einer formenden, bewegenden Psyche zu einem Ganzen vereinigt. Von einer embryonalen Selbstgestaltung der Materie kann hier so wenig die Rede sein wie von einer materiellen, autonomen Urzeugung. Andrerseits macht die elternlose Entstehung eines Lebewesens keine größeren Schwierigkeiten als eine embryonale Entwicklung im mütterlichen Leibe. Wie die Organismen entstehen, dies wird zu einer reinen Tatsachenfrage. Die Urzeugung ist für diese Denkrichtung eine Gestaltung des Stoffes durch die Macht einer Psyche; der Stoff, der unter dem Einflusse der Psyche eine bestimmte Gestalt annimmt, ist nicht vorher von einem gleichartigen Organismus abgesondert worden. Dies ist der ganze Unterschied gegenüber der Gleichzeugung. In einem nachfolgend zitierten Bruchstücke aus dem aristotelischen Texte wird sich eine Stelle finden, wo Aristoteles die Miesmuschel aus dem Meerwasser

durch Urzeugung entstehen läßt. Hat sich irgendwo eine Miesmuschel geformt und festgesetzt, so erleichtern ihre Sekretionen (die durchaus nicht als Zeugungsstoffe aufgefaßt werden) die Urzeugung neuer Miesmuscheln in der Nachbarschaft. Wir haben hier zwei Formen der Urzeugung: die erleichterte und die erschwerte. Aristoteles stellt sich das so vor, daß die Miesmuschel vom Meerwasser lebt, aus dem Meerwasser die zum Leben nötigen Teile in der richtigen Mischung zusammensucht (assimiliert), und daß ihre Sekrete einen guten Teil des nicht verbrauchten, nicht dem eigenen Körper einverleibten Assimilates enthalten.

Die aristotelische Auffassung steht der panzoistischen und demokritisch-pyrozoistischen nicht als etwas Fremdes, wie vom Himmel Gefallenes gegenüber. Wir finden eine natürliche Stufenfolge, worin den Denkern die Augen für das Problem aufgehen. Die ersten Panzoisten interessierten sich nur für die Einheit des Stoffes. Empedokles, Anaxagoras, Demokrit interessieren sich für die Kraft, für die Bewegung des Stoffes. Sie begreifen, daß aus einem völlig homogenen Urstoffe keine Bewegung resultieren kann. Platon und Aristoteles begreifen, daß sich aus den zu einfachen Selbstbewegungen des Stoffes keine komplizierte, zweckmäßige Gestalt des lebenden Naturkörpers erklären läßt.

Die gestaltende Psyche oder erste Entelechie wirkt dadurch, daß sie ist; nicht dadurch, daß sie stoßend, knetend, rückend etwas tut. Sie hat eine formend bewegende Seinsmacht, so gut wie die platonische Idee im platonischen Mythus. Sie bewegt, aber sie ist keine Tat, sondern ein Sein. Sie bewegt, wie etwa der Magnet dadurch, daß er ist, das Eisen bewegt. Auch der aristotelische Gott bewegt alles da-

durch, daß er ist; dadurch, daß er das Vollkommenste ist, dem alles zustrebt; κινεῖ οὐ κινούμενον; κινεῖ ὡς ἐρώμενον. Diese Seinsmacht ist bei den Eleaten sowie im platonisch-aristotelischen Psychismus stärker als die Tätigkeitsmacht. Die Seinsmacht hat einen höheren Grad der Wirklichkeit, denn das antike Denken steigert: wirklich, wirklicher, am wirklichsten. Für das aristotelische Denken gibt es keine solche Erleichterung des Werdens und keine solche Höherbildung der lebenden Naturkörper, die von einer Evolution oder Höherbildung der (gestaltenden) Psyche oder Entelechie ausginge. Diese hat von jeher die höchste Vollkommenheit. Hingegen kann eine Erleichterung oder eine Erschwerung der Embryonalentwicklung und ein Zurückbleiben hinter dem Entwicklungsziele vom Stoffe ausgehen, der sich zur Formung bald mehr, bald weniger eignet. Der Stoff leistet bald mehr, bald weniger passiven Widerstand. Daher gibt es die Möglichkeit einer Verschlechterung und einer Verbesserung des Stoffes, weil dieser durch die bereits bestehenden Organismen für die nächste Generation bald besser und bald schlechter zusammengetragen wird. Der Stoff selbst hat keine Gestaltungskraft; er erwirbt auch keine und vererbt daher keine.

Die gestaltende Psyche selbst wird bei der elternlosen Entstehung eines Lebewesens nicht zum ersten Male erzeugt. Sie ist immer schon da, denn sie kommt bereits den vier Elementen zu. Aristoteles nennt das Wasser belebbarer als die Erde. Es kommt nur auf die günstige Kombination der Mengen der Elemente an, und die an jedes Element gebundene Psyche beginnt sofort bauend zu wirken. Überwiegt das Erdelement, so entsteht eine Pflanze; überwiegt das Wasser, so entsteht ein Wassertier; überwiegt

die Luft, so entsteht ein Landtier; überwiegt aber das Feuer, so suchen wir diese vierte Gruppe von Lebewesen vergebens auf der Erde; sie ist wahrscheinlich auf dem Monde zu Hause.[1] Bei der Urzeugung der irdischen Wesen ist das Feuer in der Form der Sonnenwärme beteiligt. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung wird die Sonnenwärme durch die tierische Wärme ersetzt. Daher eignen sich die Tiere um so weniger zur geschlechtlichen Fortpflanzung, je kälter sie sind. Andrerseits wird die Urzeugung um so leichter, je niedriger die Organisation eines Lebewesens steht, weil die erforderliche Kombination der Elemente im Mischungsverhältnisse nicht so kompliziert ist. Es ist ein Irrtum, zu sagen, daß die Aale oder irgendein anderes Lebewesen nach Aristoteles aus dem Schlamme entstünden, wenngleich sich Aristoteles gewöhnlich kurz scheinbar so ausdrückt.[2] Aristoteles selbst gibt die Erläuterung[3], daß aus dem Schlamme und der Fäulnis als solcher nichts entstehe, wohl aber aus dem Regenwasser, das auf den Schlamm oder ins Meer fällt. Das Regenwasser kommt aus der Luft und ist mit Luft gesättigt. Das sind bereits zwei Elemente. Die Sonnenwärme als Feuer ist das dritte, und das vierte ist die Erde oder der Erdgehalt des Meerwassers. Die Fäulnis im Schlamme ist nur ein Abfallsprodukt bei der Urzeugung. Das Regenwasser zerlegt sich in einen brauchbaren Teil, der in den werdenden Leib eingeht, und in einen unbrauchbaren Teil, der in der Fäulnis

[1] Vgl. den nachfolgenden aristotelischen Text Seite 81.

[2] „aus dem Schlamme" ist nämlich zweideutig: Ortsbezeichnung, aus dem Schlamme heraus kriechend, und Bildungsstoff-Bezeichnung, aus dem Schlamme als einem Stoffe geformt.

[3] Vgl. den nachfolgenden aristotelischen Text Seite 83.

weiter zerfällt. Aristoteles vergißt nicht, auch bei der Entstehung des Fisches Aphrós durch Urzeugung im Meere auf das in das Meer fallende Regenwasser aufmerksam zu machen. Er vergleicht die Fäulnis mit dem Materialabfalle bei der Gestaltung eines Dinges durch den Menschen. Die Statue ist im Blocke darinnen; durch das Weghauen des Überflüssigen kommt sie zum Vorschein. Der Abfall ist dem Schlamme zu vergleichen.

Durch die geschlechtliche Fortpflanzung wird daher nach Aristoteles nichts anderes vor sich gehen als eine erleichterte Urzeugung. Die höheren Organismen bedürfen nur deshalb der geschlechtlichen Fortpflanzung, weil sie eine sehr komplizierte Zusammensetzung des Stoffes erfordern, die besser von den elterlichen Organismen besorgt wird. Die gestaltende Psyche kommt nur dem männlichen Keime zu. Andrerseits erfolgt auch die Urzeugung im engeren Sinne nur dort, wo sich die Erde unter Mitwirkung von Regenwasser und Sommerwärme in die ἔντερα γῆς, in einen Mutterboden verwandelt hat. Die Erde selbst wird zu einem primitiven mütterlichen Organismus.

Damit hängt es nun zusammen, daß der Begriff der Urzeugung zum Begriffe der geschlechtlichen Fortpflanzung ein ganz anderes Verhältnis hat als bei den jonischen Naturphilosophen. Die Urzeugung ist nach Aristoteles nicht jene Entstehung, die beim Beginne des organisierten Lebens stattfand, als noch keine geschlechtliche Fortpflanzung möglich war, und dann durch diese ersetzt wurde. Die Urzeugung ist bei Aristoteles nicht der geschlechtlichen Fortpflanzung in der Zeit vorgeordnet, sondern zu jeder Zeit nebengeordnet. Höhere Lebewesen werden immer lebend geboren, niedrigere schlüpfen aus gelegten

Eiern und noch niedrigere entstehen immer aus Urzeugung. Die Entstehung des ersten lebendige Junge gebärenden Säugetieres ist für Aristoteles überhaupt kein Problem, denn die Welt hat stets bestanden und wird niemals untergehen. Ebenso ist es wichtig zu betonen, daß die Urzeugung vieler Arten nur sterile Individuen hervorbringt, und daß andere Arten, deren Individuen durch Urzeugung entstehen, allerdings eine Skolex (Larve) hervorbringen können, aber nichts Höheres, weder ein Ei im Sinne des Vogeleies oder Fischeies, noch weniger ein Junges der gleichen Art. Die Urzeugung besteht hier nur neben der geschlechtlichen Erzeugung im Wettbewerbe mit ihr. Niemals ist bei Aristoteles die Urzeugung der Anfang und die Einleitung einer geschlechtlichen Generationenkette. Aristoteles erörtert allerdings auch die Frage, ob der Mensch nach Art der Aale wie ein Wurm entstanden sein könne oder aus einem urerzeugten Ei, und entscheidet sich für das erstere, weil man niemals urerzeugte Eier irgendwo angetroffen hat. Er fügt aber hinzu, daß dies nur in dem Sinne gemeint ist, daß sich jemand auf den Standpunkt stellte, der Mensch wäre überhaupt einmal entstanden. Posito, sed non concesso, wäre die wurmartige Entstehung diskutierbar, die Entstehung eines Eies durch Urzeugung aber nicht. Urerzeugung bedeutet daher bei Aristoteles die Gestaltung eines niedrigen Organismus ohne die vorbereitende Hilfe eines beziehungsweise zweier vorherlebender Organismen, wobei der gestaltete Organismus gewöhnlich selbst wieder steril ist, oder doch mindestens nicht den Fortbestand der Urzeugung für seine Art ausschließt.

Aristoteles hatte also den Begriff der koordinierten Urzeugung, die mit der geschlecht-

lichen Fortpflanzung nicht im Evolutionsverhältnisse steht.

Daher gibt es bei Aristoteles allerlei koordinierte Fortpflanzungsarten. Das eine Extrem bilden die lebendig geborenen Lebewesen, die ζῳοτοκούμενα; das andere die durch Urzeugung entstandenen, die αὐτόματα (oder αὐτομάτως γιγνόμενα). An die lebendig Geborenen schließen sich jene an, die aus gelegten Eiern hervorgehen, ohne eine Metamorphose nach Art der Insekten durchmachen zu müssen. Diese Fortpflanzung scheint Aristoteles schon der Urzeugung nähergerückt zu sein. Das von den elterlichen Organismen begonnene Werk wird von dem Embryo aus dem Ernährungsdotter analog zu Ende geführt, als ob jetzt eine Art Urzeugung den Schluß machen müßte. Auf der anderen Seite haben wir die erleichterte Urzeugung. Diese Erleichterung heißt κηριάζειν. Gewisse Muschelarten sondern einen schleimigen Stoff ab, worin die Urzeugung gleichartiger Muscheln leichter vor sich geht als im gewöhnlichen Meerwasser. Dieses Sekret hat aber nicht den Sinn eines Spermas. In der Mitte zwischen diesen Extremen finden wir das σκωληκοτοκεῖν. Lebewesen legen Eier, aus denen Larven auskriechen, die einer Verpuppung entgegenwachsen. Diese Larve heißt Skolex. Nach Aristoteles ist nicht ein solches Insektenei allein genommen, sondern erst ein Ei, die Larve oder die Skolex und die Puppe zusammen das Analogon eines Wirbeltiereies, und daher etwas, das in der Mitte zwischen der echten Eierlegung und der Urzeugung steht. Daher findet es Aristoteles lehrbar, daß es Entoma gebe, die nach Art der Wirbeltiere Eier legen ohne ein eigentliches Skolex-Stadium (Heuschrecken, Zikaden, Ameisen), und andere, die immer nur durch Urzeugung entstehen

und steril sind (Schnaken, Tipula), und wiederum andere, bei denen beide Fortpflanzungsarten vorkommen (der Floh ψύλλα und die Fliege μυῖα). Die Urzeugung gibt es sogar im Reiche der Vertebraten (der sterile Aphros und der sterile Aal). Andrerseits gibt es Eierlegende auch unter den wirbellosen Wassertieren (Cephalopoden). Hier ein Bruchstück aus dem aristotelischen Texte:

„Milch haben alle Fischmännchen mit Ausnahme des Aales (ἔγχελυς). Dieser aber (hat) keines von beiden, weder Rogen noch Milch. Die Meeräschen[1] steigen aus dem Meere in die Seen und Flüsse, die Aale im Gegenteile aus diesen in das Meer."

„Die meisten Fische entstehen, wie gesagt, aus Eiern. Indessen entstehen einige auch aus dem Schlamme und aus dem Sande, darunter auch solche, die" (gewöhnlich) „durch geschlechtliche Fortpflanzung[2] aus Eiern entstehen; sowohl in anderen Sümpfen als auch wie es" (in dem Sumpfe) „in der Umgebung von Knidos einmal" (geschehen) „sein soll, der in der Sommerhitze austrocknete; auch der ganze Schlamm wurde herausgenommen, zugleich aber mit dem Anfange dieses Unternehmens begann Wasser[3] (zu kommen). Darin entstanden Fischlein, während das Wasser[3] (zu kommen) begann. Es war dies eine Art Meeräschen[4], die auch nicht geschlechtlich[5] erzeugt wird, in der Größe kleinen Brassen[6] entsprechend. Keines derselben hatte Rogen oder Milch. Es entstehen auch in Asien in Flüssen, die sich nicht

---

[1] κεστρεύς, alle im Mittelmeere vorkommenden Mugil-Arten, vielleicht hier insbesondere Mugil cephalus L.

[2] ἐκ συνδυασμοῦ. — [3] nämlich Regenwasser.

[4] κεστρεύς. — [5] ἐξ ὀχείας.

[6] μαινίδια μικρά. μαινίς vielleicht = die Familie der Spariden, vielleicht besonders Chrysophrys aurata L.

ins Meer ergießen, kleine Fischlein, ähnlich den Ährenfischen[1], andere" (entstehen) „mit diesen übereinstimmend. Manche sagen, daß überhaupt alle Meeräschen wüchsen[2], jedoch sagen sie das irrtümlich, denn es zeigt sich, daß die Weibchen Rogen haben und die Männchen Milch. Aber es gibt eine solche Art, die aus dem Schlamme und dem Sande erwächst.[3] Daß nun manche" (Tiere) „weder aus" (anderen) „Tieren[4] noch auf geschlechtlichem Wege[5] entstehen, ist daraus klar. Was weder Eier legt noch lebendige Junge gebiert, entsteht teils aus dem Schlamme, teils aus dem Sande und den obenauf schwimmenden faulenden Stoffen[6], sowie auch unter dem jungen Fischzeug[7] der sogenannte Aphrós[8] aus sandiger Erde entsteht; und es ist dieses kleine Fischzeug ohne Wachstum und ohne Nachkommenschaft[9], und es geht zugrunde, wenn längere Zeit verstrichen ist, anderes aber entsteht aufs neue, daher entsteht es mit Ausnahme einer kurzen Zeit sozusagen zu jeder anderen Jahreszeit; sie dauern, wenn sie einmal" (zu erscheinen) „begonnen haben vom herbstlichen Ark-

---

[1] ἑψετός = Atherina hepsetus.

[2] φύεσθαι, nämlich durch Urzeugung.

[3] φύεται, nämlich durch Urzeugung.

[4] nämlich durch ungeschlechtliche Generation.

[5] ἐξ ὀχείας. — [6] ἐκ τῆς ἐπιπολαζούσης σήψεως.

[7] ἀφύη, ein zusammenfassender Name für Embryonen und junge Tiere großer und kleiner Fische geschlechtlicher Abkunft; hier aber soviel wie kleines Fischzeug, das durch Urzeugung entsteht, und weder größer wird noch früher kleiner war.

[8] möglicherweise Blennius tentacularis Brünn., ein Schleimfisch, der der Beschreibung a. a. O., Z. 15, 569, b. 28 am besten zu entsprechen scheint.

[9] ἄγονος.

turos[1] bis zum Frühjahre. Ein Beweis dafür" (ist) „daß sie mitunter aus der Erde hinaufkommen: denn beim Fischfange werden sie nicht gefangen, wenn es kalt ist, wenn aber schönes Wetter ist, werden sie gefangen, da sie aus der Erde zur Wärme emporkommen. Wenn man Schleppnetze gebraucht[2] und die Erde wiederholt aufgewühlt wird, wird es" (das kleine Fischzeug) „mehr und besser. Das andere junge Fischzeug" (wird) „schlechter durch das rasche Wegnehmen des Nachwuchses. Sie entstehen an schattigen und sumpfigen Orten, wenn die Erde an schönen Tagen sich erwärmt, wie in der Umgebung von Athen, in Salamis und in der Nähe des Themistokleions und in Marathon; denn in diesen Orten entsteht der Aphrós. Er erscheint an solchen Orten und bei derart schönem Wetter, er entsteht aber manchenorts auch wenn viel Wasser vom Himmel fällt in dem unter der Einwirkung des Regenwassers gebildeten Schaume[3], daher heißt er auch Aphros; und er eilt zuweilen an die Oberfläche des Meeres, wenn schönes Wetter ist, wo er sich versammelt, wie die Würmer im Miste, so dort der Aphrós, wenn er sich an der Oberfläche versammelt; daher wird dieses kleine Fischzeug aus der See an viele Orte vertragen. Und es gedeiht und wird in der größten Menge gefangen, wenn das Jahr feucht und warm ist. Das andere kleine Fischzeug[4] ist ein Geschlechtsprodukt[5] von Fischen, die sogenannte Kobîtis von den kleinen und wertlosen Grundlingen[6], die sich in die Erde einwühlen; aus dem phalerischen jungen Fischzeug[7] werden Membraden[8], aus diesen kleine

[1] etwa Mitte September. — [2] ἑλκόντων.

[3] ἀφρός, Schaum, vielleicht auch Schleim? (Schleimfisch?)

[4] ἀφύη. — [5] γόνος. — [6] κωβιός = Cobitis taenia L.

[7] φαληρικὴ ἀφύη. — [8] μεμβράς.

Trichiai[1], und aus diesen große[2], aus einem jungen Fischzeug wie aus dem im Hafen von Athen, die sogenannten Sardellen (Anchovis).[3] Es gibt noch anderes junges Fischzeug, das eine Brut[4] von Meerbrassen[5] und" (eine Brut) „von Meeräschen[6] ist. Der sterile[7] Aphrós ist schleimig[8] und dauert kurze Zeit, wie früher gesagt wurde; zuletzt bleibt der Kopf und die Augen übrig. Ausgenommen er sei von Fischern bei der Wanderung[9] gefunden worden, denn in Scharen[10] hält er sich längere Zeit."

„Die Aale aber entstehen weder durch Entwicklung zu Jungen innerhalb des Körpers noch legen sie Eier, noch wurde jemals einer angetroffen, der Milch oder Rogen gehabt hätte, auch haben sie, wenn sie aufgeschnitten werden, innen weder Samen- noch Eiergänge; sondern diese ganze Art[11] rotblütiger[12] Tiere entsteht weder durch Paarung[13] noch aus Eiern. Es ist klar, daß es sich so verhält: denn wenn in einigen schlammigen Teichen das ganze Wasser ausgeschöpft und der Schlamm zusammengetan wird, entstehen sie aufs neue, wenn Regenwasser kommt; an trockenen Orten entstehen sie nicht, auch nicht in beständigen Teichen; denn sie leben und ernähren sich vom Regenwasser. Daß sie nun weder durch Paarung[13] noch aus Eiern ent-

[1] τριχίς. — [2] τριχίας.

[3] ἐγκρασίχολος = Engraulis encrasicholos, Anchovis. μεμβράς, τριχίς, τριχίας scheinen drei Altersstufen desselben Fisches zu sein, möglicherweise ebenderselben Art, die in einer besonderen Varietät ἐγκρασίχολος heißt.

[4] γόνος. — [5] μαινίδων. — [6] κεστρέων. — [7] ἄγονος.

[8] ὑγρός. — [9] πρὸς τὸ διακομίζειν.

[10] ἀλιζομένη. — [11] γένος. — [12] ἐναίμων.

[13] ἐξ ὀχείας; hier aber soviel wie lebendig geboren werdend.

stehen, ist klar; sie scheinen einigen zu zeugen, weil in einigen der Aale Bandwürmer[1] entstehen; sie glauben nämlich, aus diesen entstünden Aale. Das ist aber nicht wahr, sondern sie entstehen aus dem sogenannten Mutterboden[2] der Erde, der sich von selbst in dem Schlamme und in der durchsickerten[3] Erde bildet. Es sind schon welche aus diesen" (Schlammnestern) „herauskriechen gesehen worden, andere werden beim Abkratzen und Zerteilen" (des Schlammes) „sichtbar. Auch im Meere und in den Flüssen entstehen dergleichen" (Fischarten) „wenn die Fäulnis stark ist, in der Nähe solcher Orte des Meeres, wo Seetang ist, an den Ufern der Flüsse und Seen, denn hier verursacht die Wärme eine starke Fäulnis. Mit der Entstehung der Aale verhält es sich nun so."[4]

Von den Schnecken, Muscheln, Seeigeln und Ascidien sagt Aristoteles: „Mit den Tieren verglichen sind sie den Pflanzen ähnlich, mit den Pflanzen verglichen sind sie den Tieren ähnlich, so daß sie in einem gewissen Sinne" (als Pflanzen aufgefaßt) „aus Samen[5] zu werden scheinen, in einem anderen Sinne" (als Tiere aufgefaßt) „nicht aus Sperma, und in der einen Weise von selbst wachsend"[6] (wie die Pflanzen) „in der anderen von selbst entstehend"[7] (wie Tiere durch Urzeugung) „oder das eine in diesem, das andere in jenem Sinne. Infolge dessen, daß ihre Natur den Pflanzen entgegengesetzt ist, entsteht in der Erde von

---

[1] ἑλμίνθια.

[2] ἐκ τῶν καλουμένων γῆς ἐντέρων; ἔντερον = Eingeweide.

[3] ἐνίκμῳ.

[4] Aristoteles, περὶ τὰ ζῷα ἱστοριῶν, Z. 14, 569, a. 5 bis 15, 570, a. 2.

[5] ἀπὸ σπέρματος. — [6] αὐτόματα. — [7] ἀφ' αὑτῶν.

den Ostrakodermen[1] nichts oder eine Gruppe von kleinem Körperbau, wie die Gruppe der Schnecken; es mag auch etwas anderes dergleichen[2] sein, aber selten; hingegen im Meere und im ähnlichen flüssigen Elemente[3] vieles und mannigfaltiges. Das Pflanzenreich ist im Meere und unter ähnlichen Bedingungen kleinwüchsig und sozusagen gar nichts; alles dergleichen entsteht in der Erde. Denn es hat eine verwandte Natur und weicht" (dem Meere) „aus; um wieviel das flüssige Element belebter[4] ist als das trockene, und das Wasser belebter als die Erde, um so viel ist die Natur der Ostrakodermen belebter als die der Pflanzen, da, wie die Pflanzen nach der Erde verlangen, sich so die Ostrakodermen zum flüssigen Elemente verhalten, als ob die Pflanzen gewissermaßen Festlandaustern wären, die Austern aber gewissermaßen Wasserpflanzen. Aus dieser Ursache sind auch die" (Lebewesen) „in dem flüssigen Elemente mannigfaltiger als die auf dem Lande. Denn das flüssige Element hat eine leichter zu formende Natur[5] als die Erde und eine, die nicht viel weniger körperbildungsfördernd[6] ist, besonders das im Meere gegebene Element. Denn das trinkbare, süße und nährende" (Wasser) „ist weniger körperhaft[7] und kalt. Daher entsteht, was seiner Natur nach blutlos" (ohne rotes Blut) „und nicht warm ist, nicht in den" (Süßwasser-)„Seen, auch nicht im Brackwasser[8] oder doch

[1] Schnecken, Muscheln, Seeigel und Ascidien.

[2] Süßwassermuscheln.

[3] in Seen und Teichen, die mit dem Meere zusammenhängen.

[4] ζωτικώτερον. — [5] εὐπλαστοτέραν ἔχει τὴν φύσιν.

[6] σωματική (φύσις). — [7] σωματῶδες.

[8] τῶν ἁλμυρῶν ἐν τοῖς ποτιμωτέροις.

nur in geringerer Qualität"[1], (sondern) „sie entstehen wie die Schaltiere[2] und die Weichtiere[3] und die Weichschaltiere[4] (denn diese sind alle ihrer Natur nach blutleer und kalt), in dem trüben Meere[5] und an den Flußmündungen. Sie suchen nämlich zugleich Wärme und Nahrung, das Meer aber ist ein flüssiges Medium und um vieles körperhafter als das trinkbare" (Wasser) „und der Natur nach warm, und hat an allen Elementen Anteil, am Flüssigen und an der Luft und an der Erde, so daß auch die einzelnen an solchen Orten entstehenden Lebewesen an allem teilhaben. Denn die Pflanzen gehören in die Erde, die Wassertiere ins Wasser, die Landtiere an die Luft: das Mehr oder Weniger, das Näher oder Ferner macht einen großen und erstaunlichen Unterschied aus. Die vierte Gruppe darf man nicht an diesen Orten suchen: da würde doch etwas von der Klasse des Feuers sein wollen, denn dieses wird als das vierte der Elemente gezählt. Aber das Feuer erscheint immer ohne eigene Gestalt, vielmehr in einem anderen der Elemente: das Verbrannte ist entweder Luft oder Rauch oder Erde. Aber diese Gruppe muß man auf dem Monde suchen: denn dieser scheint an der vierten Differenzierung[6]" (des Reiches der Lebewesen) „teilzuhaben. Aber davon wollen wir ein anderes Mal sprechen; die Natur der Ostrakodermen bildet sich bei den einen von selbst[7], bei einigen anderen aber, indem diese einen gewissen Brutstoff[8] von sich aussenden, oft aber, indem auch diese durch Selbst-

[1] ἀλλ' ἧττον.

[2] ὀστρακόδερμα, Schnecken, Muscheln, Seeigel und Ascidien.

[3] μαλάκια, Cephalopoden.

[4] μαλακόστρακα, höhere Kruster.

[5] ἐν ταῖς λιμνοθαλάτταις. — [6] ἀποστάσεως.

[7] αὐτομάτως. — [8] τινὰ δύναμιν.

bildung[1] werden. Man muß die Entstehung der Pflanzen" (zum Vergleiche) „nehmen. Von diesen entstehen einige aus Samen, andere aus Ablegern[2], einige durch Brutknospen[3] wie die Gruppe der Zwiebeln. Auf diese Weise entstehen die Miesmuscheln[4]; denn es wachsen immer kleinere daneben zum Anfange; Keryxschnecken[5] und Purpurschnecken[6] und die, von denen man den Ausdruck gebraucht, daß sie Brut ansetzen[7], sondern wie von einem Brutstoffe[8] schleimige Flüssigkeiten aus. Nichts von dem darf man für Sperma halten, sondern sie haben mit den Pflanzen im genannten Sinne[9] Ähnlichkeit. Daher entsteht auch eine Menge von solchen, wenn einmal etwas entstanden ist. Alles das entsteht auch gelegentlich von selbst[10]; sinngemäß aber ist es, daß sie leichter entstehen, wenn ein Anfang gemacht ist.[11]

[1] ἀπὸ συστάσεως αὐτομάτης.

[2] ἀπὸ σπαραγμάτων ἀποφυτευομένων.

[3] τῷ παραβλαστάνειν. Allium sativum, Knoblauch, bringt keinen Samen hervor, dafür aber entwickeln sich in den Blütenständen zahlreiche Brutzwiebelchen. Aristoteles hat das vor Augen, was man heute Apogamie nennt.

[4] μῦς = Mytilus edulis L. Die Miesmuschel heftet sich an einen Pfahl oder dergl. fest an. Die junge Brut wuchert in der Nähe wie ein dichter Rasen, so daß unter günstigen Verhältnissen nach kurzer Zeit einige tausend Stück auf einem Quadratmeter sitzen können.

[5] κῆρυξ, eine Buccinide, Wellhornschnecke.

[6] πορφύρα, Murex brandaris L. und Murex trunculus L.

[7] κηριάζειν, rund um sich herum sozusagen Muschelrasen hervorbringen, etwa wie die Bienen Wabe an Wabe bauen; bezieht sich auf die seßhaften Muscheln, insbesondere die Miesmuschel.

[8] ἀπὸ σπερματικῆς φύσεως.

[9] Apogamie; Brutzwiebelchen von Allium sativum.

[10] αὐτόματα συμβαίνει γενέσθαι.

[11] κατὰ λόγον δὲ καὶ ὑπαρξάντων συνίστασθαι μᾶλλον.

Es ist wahrscheinlich, daß um jedes" (Tier) „herum anfänglich eine Ausscheidung stattfindet, aus der jedes der Nebenwachsenden knospet.[1] Da nun die Nahrung und ihre Ausscheidung eine ähnliche Kraft hat[2], so läßt sich erwarten, daß die Beschaffenheit der Brutansetzer[3] mit der vom neuen beginnenden Bildung[4] ähnlich sein werde. Daher ist es wahrscheinlich, daß sie" (die jungen Muscheln) „auch aus dieser" (vom neuen beginnenden Bildung) „entstehen. Was aber weder sproßt noch Brut ansetzt, deren aller Entstehung ist spontan.[5] Alles, was sich in dieser Weise sowohl in der Erde als im Wasser bildet, scheint unter Fäulnis und aus Beimischung von Regenwasser zu werden. Denn wenn sich das süße" (Wasser) „in den sich bildenden Ansatz zerlegt, nimmt das Überschüssige" (des zerlegten Regenwassers, der andere Bestandteil des Regenwassers) „diese Form" (die Form der Fäulnis) „an. Es entsteht nichts Faulendes, sondern etwas" (durch die Sonne) „Reifendes. Die Fäulnis und das Faulende ist die Ausscheidung des Gereiften. Denn nichts entsteht aus dem Ganzen[6], sowie auch bei dem künstlich Verfertigten. Es war nämlich nicht notwendig, etwas zu schaffen[7]: das eine befreit die Kunst von dem Unbrauchbaren, das andere die Natur. Es entstehen

[1] παραβλαστάνει.

[2] Die Nahrung der Miesmuschel stimmt nach Aristoteles mit ihrem Bildungsstoffe überein. Daher ist die Ausscheidung eine Flüssigkeit, in der sich noch Nährstoff befindet, der von der Muschel selbst nicht völlig verbraucht wurde.

[3] τῶν κηριαζόντων. — [4] τῇ ἐξ ἀρχῆς συστάσει.

[5] αὐτόματος. — [6] Es gibt immer Abfallsprodukte.

[7] Der Bildhauer schafft nicht die Statue, er befreit nur den Block von dem, was nicht zur Statue gehört. Der Abraum entspricht der Fäulnis.

aber in der Erde und in der Flüssigkeit die Tiere und die Pflanzen dadurch, daß in der Erde Wasser vorhanden ist, in dem Wasser aber Luft, in dieser der Gänze nach psychische Wärme[1], so daß in einem gewissen Sinne alles voll von" (gestaltender) „Psyche ist. Daher bildet es sich schnell, sobald es kombiniert[2] worden ist. Es wird kombiniert und entsteht wie eine Schaumblase[3] von erwärmt werdenden feuchten Körperstoffen. Die Unterschiede zwischen dem, daß etwas in seiner Art wertvoller ist und dem anderen, daß es der Bildung nach weniger wertvoll ist, liegt in der Kombination[4] des psychischen Anfanges. Daran sind sowohl die Örtlichkeiten schuld als auch der kombiniert werdende Körper. In dem Meere ist das Erdähnliche stark vertreten; daher entsteht aus dieser Bildung die Natur der Ostrakodermen, indem das Erdähnliche rund herum hart wird und so fest wird, wie auch die Knochen und die Hörner fest werden (denn dies ist im Feuer unschmelzbar), und indem sich im Innern der das Leben besitzende Körper kombiniert. Allein von diesen ist die Gruppe der Schnecken als sich paarend gesehen worden. Ob aber aus der Paarung ihre Erzeugung folgt oder nicht, wurde nicht hinreichend beobachtet. Es müßte einer, der richtig forschen wollte, erst erforschen, was das in diesen" (Lebewesen) „sich Bildende bezüglich des stofflichen Ursprunges ist. In den Weibchen[5] ist das nämlich ein Sekret des Tieres, welches" (Sekret) „der vom Männchen stammende bewegende[6]

---

[1] θερμότης ψυχική. — [2] ἐμπεριληφθῇ.

[3] ἀφρώδης πομφόλυξ. — [4] ἐν τῇ περιλήψει.

[5] der anderen, der warmblütigen Tiere.

[6] κινοῦσα, eigentlich „formend", die Entwicklungsbewegung einleitend.

Keim[1], der potentiell dasselbe ist wie das, woven er kommt, zum Tiere vollendet. Hier aber muß man fragen, was ist das, woher kommt das und was ist der bewegende Keim hinsichtlich des Männchens? Man muß wohl annehmen, daß die tierische Wärme in den zeugungsfähigen Tieren aus der eingehenden Nahrung durch Scheidung und Kochung das Sekret, den Keim der Frucht, bildet.[2] Ähnlich ist es bei den Pflanzen; nur daß bei diesen und bei einigen der Tiere kein männlicher Keim notwendig ist (denn sie haben ihn in sich selbst gemischt), das" (weibliche) „Sekret der meisten Tiere bedarf" (eines solchen). „Die Nahrung ist für die einen Wasser und Erde, für die anderen das aus diesen" (Bestehende), „so daß, was die tierische Wärme aus der Nahrung herausarbeitet, eben das die Wärme der Jahreszeit in der Umgebung aus dem Meere und der Erde kochend scheidet und verbindet. Das Herausgenommene oder Weggenommene macht im Hauche des psychischen Keimes[3] die Frucht" (Embryo) „und erteilt die" (formende) „Bewegung. Die Bildung der von selbst werdenden Pflanzen ist ähnlich; sie entstehen aus irgendeinem Teile und sowohl der Keim als die erste Nahrung wird dem Herauswachsenden" (zuteil). „Das" (Herauswachsende) „der Tiere wird als Skolex" (Larve, Made, Raupe) „geboren und" (unter diesen Gesichtspunkt gehören auch) „diejenigen von den Blutlosen, die nicht wieder von Tieren abstammen, sowie von den Rotblütigen zum Beispiele eine Art der Meer-

[1] ἀρχή.

[2] Die Schnecken scheinen dem Aristoteles zu kalt zu sein, um Sperma erzeugen zu können.

[3] In jener formenden Bewegung (Hauch), die an das Sein einer gestaltenden Psyche gebunden ist.

äschen und" (Arten) „anderer" (aber) „in Flüssen lebender Fische, ferner die Art der Aale. Denn alle diese sind, wenngleich sie eine blutarme Natur haben, dennoch rotblütige Tiere, und haben ein Herz als den embryonalen, blutführenden Anfang für die" (übrigen) „Organe. Der sogenannte Mutterboden der Erde[1], worin der Körper der Aale entsteht, hat Skolex-Natur. Daher könnte auch einer bezüglich der Menschen und der vierfüßigen Tiere die Vermutung hegen, daß sie einst erdentsprossen zur Entstehung kamen, wie einige sagen, nach einer von zwei Arten: entweder zunächst wie ein sich bildender Wurm[2], oder aus Eiern. Denn es muß so sein, daß sie entweder die Nahrung für das Wachstum in sich selbst haben (ein solcher Embryo ist ein Wurm) oder anderswoher nehmen, dies aber entweder aus dem Muttertiere oder aus einem Teile des Kyema.[3] Wenn das andere unmöglich ist" (nämlich das) „Zufließen aus der Erde wie bei den anderen Tieren aus der Mutter, so wird es notwendig" (die Nahrung) „aus einem Teile des werdenden Tieres[4] zu entnehmen; diese Entstehung nennen wir die" (Entstehung) „aus einem Ei.[5] Es ist klar, daß eine von diesen zwei Entstehungsarten wahrscheinlich ist, wenn es wirklich einen Uranfang für alle Lebewesen gegeben haben sollte; in geringerem Grade gibt es eine Wahrscheinlichkeit" (für die Entstehung) „aus Eiern. Wir sehen nämlich" (die Ur-

[1] τὰ γῆς ἔντερα.

[2] Skolex, hier soviel wie Insektenlarve.

[3] aus dem anderen Teile des werdenden Tieres, d. h. aus dem Ernährungsdotter des Eies.

[4] κύημα; dieser Teil des Kyema ist der Ernährungsdotter.

[5] Urzeugung ist entweder Urentstehung eines Skolex direkt aus den Elementen ohne vorhergehende Eibildung oder Urentstehung eines Eies.

zeugung aus Eiern) „bei keinem Tiere, sondern“ (immer nur) „die andere[1], sowohl bei den besprochenen rotblütigen, wie bei den blutlosen. Dahin gehören einige von den Kerfen[2] und die Ostrakodermen, von denen die Rede ist; denn sie entstehen nicht aus einem Teile[3], wie die Eientsprossenen. Sie verschaffen sich das Wachstum ähnlich wie die Würmer. Die Würmer wachsen nach oben und vorne; denn im Unterleib ist die Nahrung für den Oberleib. Dies verhält sich ebenso bei denen, die aus Eiern entstehen, es sei denn, daß sie alles aufbrauchen[4]; bei den Skolekotokumenen[5] aber gliedert sich, wenn der Vorderteil aus der im Hinterteile“ (befindlichen) „Anlage herangewachsen ist, ebenso aus dem Reste der Hinterteil ab. Die Ursache davon ist die, daß auch späterhin allen die Nahrung aus dem Teile unter dem Hypozoma[6] zukommt. Daß aber das Wurmähnliche sich auf die Art das Wachstum verschafft, ist bei den Bienen und ähnlichen“ (Insekten) „klar; anfänglich haben sie einen großen Unterleib, und einen kleineren Oberleib. Bei den Ostrakodermen verhält es sich ebenso bezüglich des Wachstums. Es ist das auch bei den Gehäusen der Schnecken klar; denn sie werden während des Wachstums immer nach vorne und nach dem sogenannten Kopfe zu größer. Wie sich nun die Entstehung sowohl dieser als der anderen von selbst werdenden Lebewesen verhält, wurde im Vorhergehenden gesagt. Daß aber

[1] Man hat nie urgezeugte Eier gefunden. — [2] ἔντομα.

[3] Sie entstehen nicht durch Aufzehrung eines Ernährungsdotters.

[4] so daß im Hinterleib keine Reservestoffe übrig bleiben.

[5] Würmer und nach Art der Würmer Entstehendes.

[6] Die Einschnürung zwischen Bruststück und Hinterleib der Insekten.

alle Ostrakodermen von selbst entstehen, ist daraus klar, daß sie an den Schiffen entstehen, wenn der schaumige Schlamm fault und an vielen Orten, wo früher nichts dergleichen vorhanden war, später aber infolge der Dürftigkeit[1] des verschlammten Meeresbodens von den Schaltieren die sogenannten Schlammaustern[2] entstehen; z. B., wenn sich die Seefahrt Rhodus nähert, und Töpfe ins Meer geworfen werden, so werden nach einiger Zeit, wenn sich Schlamm herumgesammelt hat, in diesen Austern gefunden. Daß diese keinen Zeugungsstoff[3] von sich absondern", (dafür haben wir folgenden) „Beweis: als einige Chier aus Pyrrha auf Lesbos lebende Austern verfrachteten und an gewissen Plätzen des Meeres, die starke Strömung[4] haben, versenkten, wurden ihrer mit der Zeit nicht mehr, sie hatten aber an Größe im Wachstum stark zugenommen. Die sogenannten Eier haben mit der Fortpflanzung nichts zu tun[5], sondern sind ein Zeichen der Wohlgenährtheit, wie das Fett bei den rotblütigen Tieren; daher sind sie auch wohlschmeckend, wenn sie zur richtigen Zeit gesammelt und verspeist werden. Es ist bewiesen, daß dergleichen immer" (zu finden) „sind, zum Beispiele die Steckmuscheln[6] und die Wellhornschnecken[7] und die Purpurschnecken[8], nur

[1] Die Bewachsung des Meeresbodens mit Algen u. dergl. ist für die Ansiedlung der Austern ungünstig, weil die Brut nicht haften kann.

[2] λιμνόστρεα. — [3] γεννητικόν.

[4] εἰς τόπους τινὰς θαλάττης εὐριπώδεις καὶ ὁμοίους; die Meerenge Euripos hatte eine starke Strömung; euriposähnliche Meeresstellen. Die Austern bedürfen einer stärkeren Strömung.

[5] οὐθὲν συμβάλλεται πρὸς τὴν γένεσιν.

[6] πίννα = Pinna squamosa Lm.

[7] κῆρυξ, eine Buccinide.

[8] πορφύρα = Murex brandaris L. und Murex trunculus L.

daß sie bald größer, bald kleiner sind. Einige aber" (sind) „nicht immer, sondern erhalten sich im Frühjahre, verkümmern mit fortschreitender Jahreszeit, und verschwinden zuletzt gänzlich, wie die Kammmuscheln[1] und die Miesmuscheln[2] und die sogenannten Schlammaustern[3]; denn diese Jahreszeit ist ihren Körpern zuträglich. Ob dies bei anderen ebenso zutrifft, ist nicht klar, zum Beispiele bei den Ascidien.[4]"

„Von den Kerfen paaren sich einige, und ihre Fortpflanzung erfolgt aus gleichartigen Tieren wie bei den Rotblütigen, zum Beispiele die Heuschrecken[5], die Zikaden[6], die Weberknechte[7], die Grabwespen[8] und die Ameisen[9]; andere paaren sich, erzeugen aber nicht etwas, das ihnen gleichartig ist, sondern nur eine Skolex" (Made, Larve oder) „sie entstehen auch nicht aus Tieren, sondern aus faulenden, flüssigen oder trockenen Stoffen, wie die Flöhe[10], die Fliegen[11]

---

[1] κτείς = Pecten. — [2] μῦς = Mytilus edulis L.

[3] im Gegensatze zu den auf felsigem Grunde angesiedelten Austern.

[4] τήθυον. Text περὶ ζῴων γενέσεως Γ. 11, 761, 15 a bis 11, 763, b. 14.

[5] ἀκρίς. — [6] τέττιξ.

[7] φαλάγγιον, Phalangium opilio L.

[8] σφήξ. — [9] μύρμηξ. — [10] ψύλλα.

[11] μυῖα. Aristoteles erwähnt περὶ τὰ ζῷα ἱστοριῶν E. 19, 552, a. 21, daß die Maden sich zu Fliegen entwickeln. Die Fliegen entstehen also bald durch Urzeugung von Maden, bald aus Maden, die schon von Fliegen abstammen. Die Fliegenmaden derselben Art sind teils αὐτόματα, urgezeugt, teils σκωληκοτοκούμενα, von Fliegen gezeugt. Die erste Gruppe der hier genannten Entoma (Seite 89, Zeile 11) hat also nie Urzeugung, die mittlere Gruppe (Zeile 17) hat Urzeugung neben der geschlechtlichen Fortpflanzung, und die dritte Gruppe (Seite 90, Zeile 2) hat nur Urzeugung.

und die Kanthariden[1]; andere entstehen weder aus Tieren, noch paaren sie sich, wie z. B. die Schnaken[2], die Konopiden[3] und viele solche Gattungen.[4]"

Theophrast (373 oder 372—288 oder 287 v. Chr.), ein Schüler des Aristoteles und dessen Nachfolger im Lehramte, hat namentlich die botanische Forschung gepflegt.[5] Sein Begriff der Urzeugung ist der aristotelische geblieben. Er bezeichnet jedoch die Urzeugung als eine der Sinnenfälligkeit entrückte Annahme im Gegensatze zur nachweisbaren gleichgeschlechtlichen Fortpflanzung. Wir finden bei Theophrast eine Neigung, das Gebiet der Urzeugung einzuengen. Er weist auf die Kleinheit vieler Keime hin und auf ihren leichten Transport durch Wind und Wasser. Wo Theophrast eine Urzeugung annimmt, dort ist, wie bei Aristoteles, nicht eine präordinierte Urzeugung ein Notbehelf oder ein günstiger Zufall, an den sich später die Gleichzeugung anschließt, sondern eine regelmäßige und natürliche Entstehungsweise, die der niederen Organisation ebenso angemessen ist wie die geschlechtliche Fortpflanzung der höheren. Daher wird die Urzeugung

---

[1] Vielleicht Lampyris noctiluca L., Leuchtkäfer? Weil sie in feuchten Gründen und in der Nähe von Wasser am besten gedeihen?

[2] Tipula oleracea L., Schnake? ἐμπίς. Wird die Urzeugung angenommen, weil man die Schnaken nicht in der Luft tanzen sieht?

[3] κώνωψ, verschiedene Arten von Conops, deren Larven in den Hinterleibern von Hymenopteren schmarotzen.

[4] Text περὶ ζῴων γενέσεως A. 16, 721, a. 2 bis a. 10.

[5] Kurt Sprengel, Geschichte der Botanik, 1817, 1818, Lpzg., 2 Bde.; E. Meyer, Geschichte der Botanik, Königsberg 1854—57, 4 Bde.; O. Kirchner, Die botanischen Schriften des Theophrast, Leipzig 1875.

den meisten kleineren und nur wenigen größeren Gewächsen zugeschrieben.

Das Altertum besaß also schon zwei Begriffe der elternlosen Entstehung: den Begriff der präordinierten und den Begriff der koordinierten Urzeugung. Die präordinierte ist nur am Anfange der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen (parthenogenetischen) Generationsreihen zu denken. Sie wird bei einem ewigen Bestande der Welt und für ewige Tier- und Pflanzengenerationen überflüssig. Die koordinierte Urzeugung ist die ewige, natürliche, primitive Entstehungsweise für primitive Organismen. Sie läuft mit der geschlechtlichen Erzeugung höherer Organismen parallel. Der Glaube an die koordinierte Urzeugung verläuft in der Geschichte sozusagen allmählich im Sande. Er findet sich heute nur mehr im volkstümlichen Glauben.

Mit dem Glauben an die Entstehung der Welt in der Zeit und unter der Wirkung einer gestaltenden Macht mußte sich die koordinierte aristotelische Urzeugung in die präordinierte verwandeln. Bei Augustinus wie bei Thomas Aquinas sind die Ideen der Organismen Gedanken, die dem göttlichen Geiste immanent sind, und vor der Entstehung der Welt existieren. In die Urmaterie werden die Keime der Dinge gelegt, die vermöge der ihnen erteilten Gesetze sich selbst entwickeln.

„Terrestria animalia, tanquam ex ultimo elemento mundi ultima; nihilominus potentialiter, quorum memeros postea visibiliter explicaret.“ Augustinus De Genesi ad Litt. liber V, caput V, Nr. 14, Benediktinerausgabe, vol III, pag. 186.

„Sicut autem in ipso grano invisibiliter erant omnia simul, quae per tempora in arborem surgerent; ita ipse mundus cogitandus est, cum Deus simul

omnia creavit, habuisse simul omnia, quae in illo et cum illo facta sunt quando factus est dies; non solum coelum cum sole et luna et sideribus . . . .; sed etiam illa, quae aqua et terra produxit potentialiter atque causaliter, priusquam per temporum moras ita exorirentur, quomodo nobis jam nota sunt in eis operibus, quae Deus usque nunc operatur.“ Augustinus, l. c. cap. XXII, Nr. 44.

„Omnium quippe rerum quae corporaliter visibiliterque nascuntur, occulta quaedam semina in istis corporeis mundi hujus elementis latent.“ Augustinus, De Trinitate liber III, cap. VIII, Nr. 13.

„Ista quippe originaliter ac primordialiter in quadam textura elementorum cuncta jam creata sunt; sed acceptis opportunitatibus prodeunt.“ Augustinus De Trinitate, cap. IX, Nr. 16.

„In prima institutione naturae non quaeritur miraculum, sed quid naturae rerum habeat, ut Augustinus dicit.“ Thomas Aquinas, Summa theol. I, quaest. 67, art. 4, ad 3.[1]

Diese präordinierte Urzeugung nimmt keinen nachträglich korrigierenden Eingriff in die einmal gegebenen Gesetze der materiellen Bewegung an. Die Urzeugung ist ein natürlicher Vorgang. Die Formung der Materie zum Körper erfolgt durch die anima vegetativa. Die anima sensitiva und motiva ist damit bei den animalischen Wesen verbunden. Die anima intellectualis des Menschen tritt später hinzu, von außen durch eine Schöpfung, und vereinigt sich innig mit der anima vegetativa. Aus der leblosen Materie geht kein Leben hervor, trotz der Urzeugung. Das

[1] Diese und andere Stellen zitiert auch George Mivart in seinem einst vielgelesenen Buche Genesis of species, 1871.

Leblose bleibt leblos, es wird nur geformt, bewegt, als Werkzeug gebraucht.

---

d) Mechanistischer Urzeugungsbegriff.

Dieser Begriff umfaßt die Selbstentstehung der Organismen aus noch nicht lebender Materie ohne Mitwirkung einer aristotelischen Gestaltungspsyche nur auf Grund der Bewegungsgesetze der letzten Teilchen.

Dieser Begriff existiert in verschiedenen Färbungen, die aber nicht mehr zum Begriffe selbst gehören: in einer atheistischen, einer theistischen und einer neutralen. Die erste Färbung besteht in der Voraussetzung, daß die sich selbst in Ewigkeit nach gleichen Gesetzen bewegende Materie den schöpferischen Grund ihrer Existenz und ihren Zweck in sich selbst habe, oder auch keinen Zweck habe. Die zweite Färbung besteht in der Voraussetzung, daß eben die Atome und ihre Bewegungen das schöpferische Werk eines persönlichen Gottes sind, und daß diese Bewegungsgesetze mit solcher Vollkommenheit erteilt sind, daß eine Nachhilfe überflüssig und der Vorstellung der höchsten Vollkommenheit abträglich ist. Die dritte Begriffsfassung beschränkt sich auf das rein Methodische der Konstruktion und verweist die Frage nach der Herkunft der Uratome und ihres Bewegungsgesetzes in die Religion und in die Philosophie.

Die mechanistische Urzeugung wird teils naiv, teils kritisch vorgestellt. Naiv ist die Vorstellung, daß im gegenwärtigen Weltzustande eine Urzeugung möglich wäre, und daß es überhaupt nur einen Weltzustand, den unsrigen, gebe. In diesem Sinne glaubte Paracelsus (1493—1541) an die Möglichkeit einer

experimentellen Urzeugung des Homunculus.[1] K. Naegeli (1817—1891) hat diesen Glauben so weit eingeschränkt, daß heute noch in unserem Weltzustande niederste Lebewesen, Probien, durch Urzeugung entstünden, aber zu klein wären, um durch das Mikroskop entdeckt zu werden, und daß von diesen Probien die sichtbaren Organismen abstammten.[2] Kant nennt die Hypothese der präordinierten Urzeugung für alle Arten ein gewagtes Abenteuer der Vernunft[3]; dieser Ausspruch bezieht sich jedoch, was mitunter übersehen wird, auf den gegenwärtigen Weltzustand und auf die bereits hoch differenzierten Organismen. Von einer symbiotischen Auffassung der Entstehung der Zelle konnte im Jahre 1790 noch keine Rede sein.

Th. Fechner war von der Unmöglichkeit einer präordinierten Urzeugung, und zwar einer azoistisch verstandenen Entstehung des Lebenden aus dem Leblosen, einer „Autogonie" (wie der heute übliche Ausdruck lautet) so fest überzeugt, daß er den entgegengesetzten Weg einschlug, und das Leblose aus dem Lebenden entstehen ließ.[4] Fechner ging von der Tatsache aus, daß heute die lebenden Naturkörper in unbelebte verwandelt werden können, aber nicht umgekehrt. Er schloß daraus, daß überhaupt niemals Lebendes aus Leblosem hervorging. Er nahm an, daß es (prähistorisch) ein feinstes Gemenge aller Molekülarten gegeben habe, das weder lebendig noch

[1] De generatione rerum naturalium.

[2] Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, 1883, München.

[3] Kritik der Urteilskraft, § 80.

[4] Th. Fechner, Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeschichte der Organismen, 1873.

leblos genannt werden konnte. Die leblosen Moleküle waren zwischen die lebenden als feines Gerüste und Maschenwerk, als mikroskopisch feine Kammerung eingetragen oder auch umgekehrt. Man hat sich zu denken, daß diese Materie dem werdenden Planeten als eine Schichte angehörte, die nach dem Planetenzentrum hin durch höhere, nach außen durch tiefere Temperatur zwischen zwei Lebensgrenzen eingeschlossen war, und sich später in Lebloses und Lebendes differenzierte; etwa so, wie noch heute tote Schneckengehäuse, totes Holz Erzeugnisse der lebenden Substanz sind; so wie ein Kieselgurlager ein Erzeugnis von Diatomeen ist. Diese feinste Durchdringung, worin innerhalb dieser Planetenschichte das künftig nur Leblose noch als feinste (leblose) Einlagerung in das Lebende enthalten war, nannte Fechner den kosmorganischen Zustand der Materie. Natürlich kann es diesen Zustand, wenn er existiert haben sollte, heute nicht mehr geben, weil er durch die Differenzierung erschöpft wurde. Andrerseits konnte es damals den gegenwärtigen Unterschied zwischen Lebend und Leblos noch nicht für ganze lebende Körper oder ganze leblose Dinge geben, weil die lebenden Moleküle und die leblosen überall innig vermengt waren. Fechner setzte an die Stelle der präordinierten Entstehung des Lebenden aus dem Leblosen die präordinierte Entstehung des Leblosen aus dem Kosmorganischen. Die Entstehung des Lebenden aus dem Kosmorganischen ist für Fechner kein Problem mehr, denn das Kosmorganische lebt. Das Leben zieht sich nur auf bestimmte Naturkörper zurück, nachdem es früher in der ganzen Schichte gleichmäßig verbreitet war. Der kosmorganische Zustand ist sozusagen ein einziges Plasmodium, das aber an ver-

schiedenen Stellen qualitativ sehr verschiedene Moleküle hat. Eine morphologische Differenzierung tritt erst nach der Scheidung dieses Plasmodiums in Lebendes und Lebloses ein. Die Scheidung erfolgt durch das örtlich umschriebene Absterben der lebenden feinen Gerüste.

Das Bewundernswerte in den Gedanken Fechners ist die Kühnheit der Konzeption und die Klarheit der Problemstellung. Die Urzeugung des gegenwärtig Lebendigen aus dem kosmorganisch Lebenden ist nur bei dem Übergange aus dem kosmorganischen in den gegenwärtigen Weltzustand möglich. Vor dieser Übergangszeit war sie unmöglich, nach ihr ist sie wieder unmöglich.

Die Begriffsentwicklung ist im großen und ganzen heute noch dort, wo sie Fechner stehen gelassen hat. Das Kosmorganische hat die Assimilation, den Stoffwechsel, aber noch nicht die morphologischen Entwicklungsfunktionen. Darin bestand ein bedeutender Fortschritt. Es handelte sich jetzt nicht mehr um die Urzeugung des Lebenden schlechthin, sondern um zwei Urzeugungen: um die Urzeugung von Wesen, die der chemischen und morphologischen divergenten Selbstdifferenzierung fähig sind, aus einem lebenden Plasmodium. Dann handelt es sich um die Entstehung dieses amöbenhaft formlosen Plasmodiums selbst, oder um die Plasmogonie. Hier hat Fechner das Problem stehen gelassen. Wie entsteht der kosmorganische Zustand aus einem früheren noch nicht kosmorganischen durch Urzeugung?

Die Fechnersche Annahme treibt mit innerer Logik zur Hypothese der Molekül-Urzeugung. Diesem Probleme wird noch nicht die wünschenswerte Aufmerksamkeit geschenkt. Woher kommen die großen funktionsfähigen Eiweißmoleküle des kosmorganischen

Zustandes? Diese Moleküle können doch nicht von Ewigkeit her existiert haben, und auch nicht als Teile eines gasförmigen Mediums.

Unter einem früheren Weltzustande verstehe ich nicht einen solchen, worin die Gesetze der Chemie und der Physik einen anderen Inhalt hatten, sondern worin es noch keine Moleküle gab, auch keine Gasmoleküle. Unsere Chemie ist lediglich eine Chemie der molekularisierten Materie. Wir können Atome aus dem Molekülverbande lösen; aber nur, indem wir sie sofort einem anderen Molekülverbande zuführen; wir können vermutlich atomisierte Dämpfe unter Bedingungen herstellen, bei denen kein Leben möglich ist; wir können mehr oder weniger Wahrscheinlichkeitsgründe anführen, daß ein Molekül in Lösungen in zwei kleinere Molekülteile zerfalle, die sich periodisch zu einem ganzen Moleküle vereinigen und wieder trennen. Dies alles reicht lange nicht an jenen Zustand heran, worin völlig isolierte Atome bei beliebigen Temperaturen zwischen weit auseinanderliegenden Temperaturgrenzen den Raum gasförmig durchfliegen. Ein solcher Zustand ist nur dann konstruierbar, wenn keine Fernwirkung als immanente Anziehung stattfindet. Das Problem der Urzeugung ist nur für eine Materie lösbar, deren Aggregate durch kleinere Uratome gegeneinander gestoßen werden, und so den Schein der unmittelbaren Anziehung aus der Ferne erzeugen. Daher wurzeln die ganzen Probleme der Biologie in der Philosophie der unbelebten Materie. Die Philosophie der gesamten Materie läßt sich nicht vom Dache aus bauen.

Für diesen atomisierten Zustand der Materie gelten unsere chemischen Reaktionsformeln überhaupt nicht, weil es noch keine Moleküle gibt, auf die sie angewendet werden könnten. Für diesen Zu-

stand gelten auch weder die Affinitäten noch die Sättigung der Valenzen. Es gibt hier noch keine Anziehung aus der Ferne, denn die Atome sind viel zu klein, um aus größeren Entfernungen durch Uratome gegeneinander getrieben werden zu können. Es gibt daher noch keine Wahl durch chemische Affinität. Jedes Atom verbindet sich mit jedem beliebig anderen, das es durch den Zufall der Bahnen trifft. Eine ungesättigte Verbindung bleibt solange ungesättigt, bis wiederum der Zufall der Bahnen die sättigenden Atome zuführt. Kohlensäure gibt es noch nicht, sondern nur isolierte Kohlenstoffatome und isolierte Sauerstoffatome. Da die Kohlensäure bei Lebenstemperatur und dem einfachen atmosphärischen Drucke ein Gas ist, so wird der atomisierte Kohlenstoff ebenfalls ein Gas sein. Im molekularisierten Zustande gibt es kein Kohlengas. In der Urzeugung der Moleküle entsteht nicht sofort Methan CH_4, sondern zunächst nur CH. Dieses Molekül ist ebenso existenzfähig wie ein gesättigtes, weil es sich noch nicht in unserem molekularisierten Weltzustand befindet, worin es gar nicht dargestellt werden könnte, da die einfache Methode der Synthese der Atome nicht mehr möglich ist. Dieses CH setzt sich ebenso leicht zu CH_2 als zu COH fort. Eine chemische Wahlverwandschaft macht sich erst geltend, wenn ein urgezeugtes Molekül mit einem anderen zusammentrifft; oder wenn ein urgezeugtes Molekül mit einem isolierten Atome zusammentrifft, und eine Substitution stattfindet. Für die Urzeugung der Moleküle gibt es keinen Unterschied zwischen chemisch wahrscheinlichen und chemisch unwahrscheinlichen Verbindungen. Die chemisch stabile Verbindung CO_2 entsteht ebenso leicht wie ein chemisch verhältnismäßig labiles Eiweißmolekül, das ebenfalls mit einem Kohlen-

stoffatome beginnen kann. Für die Urzeugung gibt es nur einen Unterschied zwischen großen und kleinen Molekülen. Große Moleküle werden langsamer und in kleinerer Zahl entstehen. Es wird ohne eine Verbrennung eine urgezeugte Kohlensäure geben. Viele Kohlenstoffatome werden schon zu CO_2 aufgebaut sein, bis ein einziges Molekül Eiweiß irgendeiner Art gebildet sein kann. Der urzeugende Aufbau erfolgt nicht wie im gegenwärtigen Weltzustande durch Substitutionen, sondern durch Apposition der Atome bis zur Sättigung des Moleküles. Das Wachstum der Molekülarten ist auch von der Menge abhängig, in der ein Element gegeben ist. Moleküle, die ein häufiges Element enthalten, werden schneller wachsen und in größerer Zahl entstehen als andere.

Der Übergang vom atomisierten in den molekularisierten Zustand wird auch mit einer Änderung der Aggregationsstufe verbunden sein. Nur kleinere Moleküle werden im gasförmigen Zustande verbleiben; auch dann findet eine Volumsverkleinerung statt, wenn das atomisierte Gas in das molekularisierte übergeht. Größere Moleküle werden zu Flüssigkeiten und zu weichen Körpern aggregiert werden. Der ganze Übergang hat den Charakter einer gigantischen Kondensation.

Dieser atomisierte Zustand der Materie möge nicht mit jenem verwechselt werden, wo infolge der Anhäufung der Materie zu glühenden Sonnenbällen eine derartig hohe Temperatur erzeugt wird, daß die Moleküle infolge der hohen Temperatur nicht haltbar sind. Diese andere Atomisierung ist überall und bei allen Temperaturen, auch zwischen 0° und 80° C. möglich gewesen. Hingegen konnte die Molekularisierung nur in den Orten unterhalb einer gewissen Temperatur vor sich gehen.

Durch die Urzeugung des Moleküles führt dann der Weg zur Urzeugung der kosmorganischen Materie oder des primitivsten Plasmas. Bei dem lebenden Moleküle ist die chemische Konstitution und die Struktur noch identisch. Die lebenden Moleküle müssen sich dann ebenso zusammenfinden, wie sich die Atome zum Moleküle zusammengefunden haben. „Lebend" heiße hier vorläufig nur so viel, als daß das Molekül die Fähigkeit habe, kleinere Moleküle in großer Zahl an sich anzuziehen und in solcher Anordnung festzuhalten, daß sich dadurch die Zusammensetzung eines großen Moleküles ergibt, das dem anziehenden genau gleich ist. Wie dies denkbar sei, wird später unter dem Begriff der Assimilation gezeigt werden. Es wird auch hier zunächst keine Auswahl geben, sondern jedes lebende Molekül wird sich mit jenem anderen vereinigen, mit dem es in der Verfolgung seiner Bahn diffundierend zusammentrifft oder passiv zusammengeführt wird. Viele lebende Moleküle werden durch dieses Zusammentreffen gespalten werden. Andere werden sich vertragen. Die primitivste Struktur kann nicht höher stehen als ein kernloses Riesenplasmodium. Dieser Urorganismus verdient gar nicht den Namen Organismus, denn er wird aus höchst heterogenen Molekülen bestehen und formlos sein. Dieser Urorganismus, oder aber unzählige gesonderte Exemplare dieser Urorganismen sind nur existenzfähig, wenn sofort wenigstens in vielen von ihnen die Eiweißproduktion aus Molekülen der unbelebten Materie nach Art der chlorophyllführenden Pflanzen beginnen kann. Mit dem molekularisierten Zustande der Welt kommt auch sofort die Geltung der Gesetze unserer molekularen Chemie und Physiologie. Jetzt gibt es sofort die Nötigung zur Assimilation, auch den Zerfall und den

Kampf der Urorganismen untereinander, indem der chemisch Stärkere den Schwächeren aufzehrt. Es wird auch zur Begründung von tributären Verhältnissen und von mutualistischen Symbiosen kommen.

Diejenigen Urorganismen, die einer Entwicklung fähig sind, werden sich entwickeln. Die entwicklungsunfähigen bleiben entweder auf der primitiven Stufe einer nicht in Kern und Cytoplasma differenzierten Zelle, oder sie werden von den entwicklungsfähigen aufgezehrt, so daß sie heute nicht mehr zu finden sind, und auch nachträglich nicht mehr entstehen. Es ist auch möglich, daß ein Plasma in ein heterogenes wie ein Kern in eine noch kernlose Eizelle hineinkriecht und dadurch eine bleibende Symbiose begründet.

An die Stelle des Begriffes der Urzeugung eines Organismus tritt allmählich ein System von Begriffen vieler Urzeugungen, von denen sich jede auf eine andere Baustufe der Materie bezieht. „Die Urzeugung" schlechthin kann es wohl nie gegeben haben; weder eine Urzeugung aus Totem, noch eine direkte Differenzierung eines Ersten in Organismen und in Nichtorganismen. Ein Atom kann sich wohl niemals zu einem Molekül höher entwickeln; wohl aber können sich isoliert gewesene Atome zu einem Moleküle aggregieren. Ein Molekül kann sich nicht zu einem Keimplasma höher entwickeln; wohl aber können isoliert gewesene Moleküle sich zu einem weichen Aggregate aggregieren. Ebenso können sich isolierte kleinere Teilchen eines Urstoffes, der etwa das Atomogen genannt werden könnte, zu chemischen Atomen aggregiert haben. Das wäre dann eine Atomen-Urzeugung gewesen.[1]

[1] A. Stöhr, Philosophie der unbelebten Materie. Leipzig, A. Barth, 1907.

Jede Urzeugung ist nur zu ihrem Weltzeitalter denkbar, denn jede Urzeugung erschöpft ihr Material, so daß sie in späteren Zeitaltern nicht wiederkehren kann. Eine Vernichtung einer auf eine Urzeugung zurückgehenden Konstitution ist ein unersetzlicher Verlust.

Eine Urzeugung kann in außerordentlich kurzer Zeit in einem großen Raume vor sich gehen. Die Analogie dazu bieten uns die plötzlichen Kondensationen der molekularisierten Materie. Jede atomisierte Materie ist lebensfähig oder biogen. Die Voraussetzung für die Entwicklung dieser Fähigkeit ist aber eine günstige Temperatur im Zeitpunkte der Kondensation; besser gesagt, die Kondensationstemperatur darf nicht lebenszerstörend sein. Jede Urzeugung kann für die biogene Schichte eines werdenden Planeten in einem Zeitraume erfolgen, der nach Tagen zu messen ist.

Die Hypothese der koordinierten Urzeugung, die nach Aristoteles eine weit größere Verbreitung hat als die geschlechtliche Fortpflanzung, wird im Laufe der Jahrhunderte auf immer kleinere Gebiete eingeschränkt. In der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts widerlegte Redi experimentell die Lehre von der Urzeugung der Insekten. Im 18. Jahrhundert zeigte Spallanzani, daß die Luft fast stets Keime für niedere Organismen enthält, und daß man die Flüssigkeiten, die auf Urzeugung geprüft werden sollen, durch Sieden keimfrei machen muß und auch nach dem Sieden nur keimfreie Luft mit der Flüssigkeit in Berührung kommen lassen darf. Trotzdem mußte noch im 19. Jahrhundert Pasteur gegen den Glauben an die koordinierte Urzeugung niederster Organismen einen förmlichen Beweis antreten. Nachdem die Infusorien am Ende des 17. Jahrhunderts durch Leeu-

wenhoek entdeckt worden waren, bildete sich der Glaube aus, daß die Infusorien aus Heu entstünden, wenn dieses mit Wasser übergossen wird und der Aufguß stehen bleibt. Dies geschah, nachdem schon Redi den Glauben an die Urzeugung der Insekten zerstört hatte. Am längsten erhielt sich die Meinung, daß aus absterbenden oder abgestorbenen Körpern kleinere Lebewesen entstehen können. Diese Lehre der Nekrobiose behauptete sich namentlich bezüglich der Entstehung der Maden aus verwesendem Fleische. Eingeweidewürmer ließ man noch nach der experimentellen Widerlegung der Lehre von der Urzeugung der Insekten entweder aus dem Leibe des Wirtes oder aus der Nahrung entstehen. Goethe nahm noch die Urzeugung von Blattläusen aus lebenden Pflanzenteilen an.[1]

Literatur.

Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte, zuerst 1868.

Bastian, The beginnings of life. London 1872. 2 Bde.

Preyer, Naturwissenschaftliche Tatsachen und Probleme, Berlin 1880.

O. Taschenberg, Die Lehre von der Urzeugung sonst und jetzt, Halle 1882.

Preyer, Elemente der allgemeinen Physiologie, Leipzig 1883. Seite 87 (nimmt statt der präordinierten Urzeugung einen ewigen Bestand des Lebens an).

Osten-Sacken, On the oxen-born bees of the ancients, Heidelberg 1894.

Haeckel, Systematische Phylogenie, 1894, 1. Band.

[1] Weimarer Ausgabe, Abt. IV, Bd. 39, Seite 86, Brief an den Großherzog Carl August vom 17. Jänner 1825. Ich zitiere nach J. Wiesner, Die Licht- und Schattenseiten des Darwinismus, Österr. Rundschau, Bd. 18, Heft 3, 1909.

Reinke, Einleitung in die theoretische Biologie, Berlin 1901, Seite 559.

Kuckuck, Martin, Die Lösung des Problemes der Urzeugung, Leipzig 1907.

Gomperz, Theodor, Griechische Denker, 2. Auflage 1902 bis 1908, 3 Bde.

Wiesner, J., Die Licht- und Schattenseiten des Darwinismus, Österr. Rundschau, 18. Bd., 3. Heft, 1909.



4. Leben im Sinne der Assimilation, des Wachstums infolge der Assimilation, der Selbstteilung infolge des Wachstums und der Vererbung infolge der Selbstteilung.

a) Aristotelischer Begriff der Assimilation.

Schon Aristoteles erkannte die Bedeutung der Assimilation für den Begriff des Lebens. Wenn einem Naturkörper die Empfindung und die Selbstbeweglichkeit fehlt, so heißt er dennoch lebend, wenn er nur assimiliert, oder, wie Aristoteles sagt, die Fähigkeit der Selbsternährung ausübt.[1] Auch die Pflanzen leben, denn sie wachsen mit ihren Wurzeln nach Aristoteles ihrer Nahrung entgegen, die sie aus der Erde wie mit einem Munde einsaugen.[2] Die Pflanzen wachsen nicht wie etwa ein Tropfstein, der sich seinen Zuwachs nicht selbst zu finden weiß. Das Wachstum eines Kristalles, das auf den Zufall des von außen Herankommenden angewiesen bleibt, ist keine Assi-

[1] „ζωὴν δὲ λέγομεν τὴν δι᾽ αὑτοῦ τροφήν τε καὶ αὔξησιν καὶ φθίσιν.“ περὶ ψυχῆς B. 1, 412, a. 14.

[2] „ὄργανα δὲ καὶ τὰ τῶν φυτῶν μέρη, ἀλλὰ παντελῶς ἁπλᾶ . . . αἱ δὲ ῥίζαι τῷ στόματι ἀνάλογον . . . ἄμφω γὰρ ἕλκει τὴν τροφήν.“ περὶ ψυχῆς B. 1, 412, b. 1.

milation im aristotelischen Sinne, denn der Kristall verhungert nicht, wenn der Zuwachs aufhört. Aristoteles betont die Selbsterhaltung des Gleichgewichtes, die Selbststeuerung des Stoffwechsels. Das belebte Naturwesen schwindet dahin, wenn ihm die Nahrung entzogen wird. Jede Lebenseigenschaft kann fehlen, nur die Assimilation nicht.[1]

Aristoteles, der der Möglichkeit einer Chemie noch ahnungslos gegenüberstand, hatte den Begriff der Assimilation = Verähnlichung durch Auslese des Passenden aus einem Gemenge, ohne daß diese Auslese entschieden als physikalisch hätte bezeichnet werden können. Eine chemische Umänderung der Nahrung war mitinbegriffen. Es fehlte die Möglichkeit einer scharfen Unterscheidung zwischen dem Physikalischen und dem Chemischen. Für Aristoteles ist die Selbsternährung eine Reihe von Zerkleinerungen, Lösungen und Erwärmungen, die mit der Assimilation abschließen. Die Tiere verwandeln die erwärmte und verflüssigte Nahrung in Blut und in Analoga des Blutes, und daraus wird erst die feinste Nahrung, ἐσχάτη, πρώτη, ὑστάτη τροφή gewonnen, die an die Orte des Wachstums und des Verbrauches gelangt, und dort einer Auslese unterworfen wird, indem Gleiches das Gleiche festhält. Auch die Pflanzen treffen diese Auslese, indem sie nur die ihnen tauglichen Lösungen aus der Erde saugen. Wenn wir heute das Ernährungsproblem ohne Chemismus behandeln müßten, so stünden auch wir wie zu seiner Zeit Aristoteles vor der Frage, warum zwei Tiere verschiedener Art durch gleiche Nahrung nicht

[1] „χωρίζεσθαι δὲ τοῦτο“ (τροφὴ δι᾽ αὐτοῦ καὶ αὔξησις) „μὲν τῶν ἄλλων δυνατόν, τὰ δ᾽ ἄλλα τούτου ἀδύνατον ἐν τοῖς θνητοῖς.“ περὶ ψυχῆς B. 2, 413, a. 31.

schließlich gleich werden? Warum wächst aus derselben Erde eine Eiche neben einer Esche? Wenn auch nur das Gleiche vom Gleichen festgehalten wird, so muß doch vor allem das Gleiche da sein, in der Nahrung zugeführt werden, um festgehalten werden zu können. Wenn nun alles aus nur vier Elementen besteht, so muß wohl der Körper langsam die Zusammensetzung seiner Nahrung annehmen. Man hatte damals keine Ahnung von arteigenen Eiweißkörpern, von der chemischen Zerlegung und dem arteigenen Neuaufbau der Trümmer unter dem lenkenden Einflusse eben dieser Eiweißkörper. Es ist begreiflich, daß Aristoteles für diese Unabhängigkeit der Form von der Nahrung eine Erklärung suchte, und weder bei Anaxagoras noch bei Empedokles noch bei Demokrit eine Antwort fand. Diesen Denkern scheint die Empfindung gefehlt zu haben, daß hier überhaupt ein Problem gegeben sei. Es ist natürlich, daß Aristoteles von den platonischen Ideen, so wie er sie auffaßte, besser befriedigt wurde. Er setzte an die Stelle der Ideen die an die Naturkörper gebundene Gestaltungspsyche, Ernährungspsyche, Wachstumspsyche, Erzeugungspsyche und überhaupt ein regulatives Prinzip, das nicht der formbare Stoff selbst war, sondern eine arteigene Form, die unsichtbar für uns vom Anfange der embryonalen Entwicklung an durch die Macht ihres Seins wirkt, und im Laufe der Entwicklung immer sichtbarer wird, ohne je die vollkommene Eigenform dem Stoffe zu verleihen, denn es bleiben immer Unvollkommenheiten durch die Sprödigkeit des Stoffes zurück.

Der aristotelische Assimilationsbegriff erhielt sich bis zur Entstehung der modernen Chemie. Das heißt, die Gestaltungspsyche lenkte nicht einen Chemismus, den man noch nicht ahnte, sondern stoffliche Ver-

änderungen, die man noch nicht in physikalische und chemische zu sondern gelernt hatte, und die man vorwiegend so behandelte, wie man heute physikalische Gemenge behandeln würde.

b) Vorbereitende chemische Begriffe.

Für das moderne Denken zerfiel der Assimilationsbegriff zunächst in zwei andere: in die Produktion lebender Substanz aus unbelebter, wie sie in der chlorophyllführenden Pflanze vorkommt, und in die Produktion lebender Substanz aus kurz vorher lebend gewesener oder „biogoner“ Nahrung, wie bei allen Tieren und den parasitischen Pflanzen. Die Gegensätze sind durch die Saprophyten vermittelt, die in Zersetzung begriffene Pflanzenstoffe aufnehmen. Das Wort „Substanz“ wird hier nicht im philosophischen, sondern im naturwissenschaftlichen Sprachgebrauche benützt. Selbstverständlich wird auch in der grünen Pflanze so gut wie im tierischen Körper eine Eiweißart in eine andere verwandelt werden, es muß aber irgend einmal eine Urproduktion des Eiweißes stattfinden. Die Produktion lebender Substanz aus unbelebten kleinen Molekülen scheint eine größere chemische Arbeit zu bedingen als die Produktion arteigenen Eiweißes aus dem Fleische frisch getöteter Tiere. Vielleicht trifft diese Voraussetzung gar nicht zu; es ist aber Tatsache, daß sie gemacht wird. Es kann sein, daß jede, auch die tierische Nahrung erst in sehr kleine Moleküle zerspalten und ganz von unten auf zu neuen anderen Eiweißarten aufgebaut werden muß. Die Reste einer arteigenen Struktur wirken vielleicht nur störend. Es kann auch sein, daß nur der Stickstoff-

gehalt, die Löslichkeit und dergleichen, nicht aber die Strukturähnlichkeit für die Tauglichkeit einer Nahrung entscheidet. Die Organismen müßten ja sonst am besten gedeihen, wenn sie sich von Ihresgleichen ernährten. Die letzte molekulare Assimilationsarbeit, die sich innerhalb einer Zelle endgültig vollzieht und nicht Vorbereitungsarbeit für andere Zellen ist, entzieht sich der exakten Durchforschung. Vom Standpunkte der vermuteten größeren und kleineren chemischen Arbeit wird nun zwischen der „unbelebten" und der kurz vorher „belebt gewesenen" oder biogonen Nahrung unterschieden. Die Kohlensäure, die von einer Pflanze aufgenommen und verarbeitet wird, ist im Grunde genommen in der Regel auch biogon. Die Unterscheidung zwischen „unbelebt" und „belebt gewesen" geht also nicht sehr tief und bezieht sich eigentlich auf die Molekülgröße. Das Kohlensäuremolekül ist so klein, daß bis zum Wiederaufbau des Eiweißes oder auch nur zu einer Vorstufe für Eiweiß eine größere chemische Arbeit erforderlich zu sein scheint als zur Umformung eines artfremden zum arteigenen Eiweiß. Daher nennt man die Kohlensäure direkt unbelebt. Das gleiche gilt für Kali- und Kalksalpeter, dessen die chlorophyllführende Pflanze bedarf. Diese Stoffe sind nur organischen Ursprunges, vom Lebenden stammend oder biogon. Da alle Organismen schon Nitrate voraussetzen, so muß der Urzeugung der Organismen eine Molekülurzeugung dieser Nitrate vorausgegangen sein. Trotz des Ursprunges des jetzt existierenden Salpeters aus den Organismen heißen diese kleinen Moleküle wegen ihrer Kleinheit nicht biogon, sondern schlechthin unbelebt. Da sehr große Moleküle immer biogon sind, so werden unter den belebt gewesenen, unter den aus dem Leben stammenden oder biogonen Nahrungsstoffen

immer jene verstanden, die sich noch eine verhältnismäßig bedeutende Molekülgröße bewahrt haben.

Ferner wird unterschieden zwischen einer Produktion lebender Substanz und einer Produktion unbelebter „organischer" Verbindungen, wie Stärke. Die Spaltung der Kohlensäure durch die grüne Pflanze wird herkömmlicher Weise zur Produktion organischer Verbindungen, und noch nicht zur Produktion lebender Substanz gezählt, weil die Stärke noch nicht lebt, sondern nur eine Vorstufe für den Aufbau lebenden Eiweißes bedeuten soll. Es könnte sich die Sache allerdings auch anders verhalten, indem zuerst Eiweiß gebaut wird, und die Stärke nur neben dem Eiweiß parallel gebildet wird. Es könnte sich die Sache noch anders verhalten, indem die Stärke schon ein Zerfallsprodukt des früher gebauten Eiweißes ist. Lassen wir die Tatsachenfrage, die sich nur hypothetisch behandeln läßt, vorläufig beiseite, und begnügen wir uns mit der begrifflichen Unterscheidung zwischen der Produktion lebender Substanz und der Produktion unbelebter organischer Verbindungen aus der unbelebten Materie.

Bei jeder Produktion lebender Substanz finden wir, daß für verschiedenartige Organismen eine Eiweißverschiedenheit besteht, und daß diese Verschiedenheit gegenüber der Nahrung stoffbeständig ist. Kein Organismus einer Tierart, die sich von Pflanzeneiweiß ernährt, kann durch die Nahrung zu einer Pflanze werden, oder auch nur zu einer anderen, gleichernährten Tierart, obwohl das Gewicht der im Laufe des Lebens verzehrten Nahrung vielfach größer ist als das Gewicht des Tieres. Zweitens ist allen diesen Produktionsweisen gemeinsam, daß nur jene bestimmten Eiweißarten gebaut und vermehrt werden, von denen schon eine, wenn auch noch so kleine

Anfangsmenge vorhanden ist. Jede Assimilation ist nur eine Vervielfältigung, niemals eine originelle Neuschaffung aus der Nahrung heraus. Daher sagt man auch, die Stärke in der Pflanze lebe nicht; denn reine Stärke kann sich nicht selbst aus Kohlensäure und Wasser vermehren, und andrerseits kann in einer entstärkten Zelle neuerdings Stärke gebildet werden, wenn nur die plasmatische Grundlage vorhanden ist.

Damit ist der Weg zur Begriffsbildung der Assimilation als einer Lebenseigenschaft gezeigt. Die Selbstformung, diese andere Lebenseigenschaft, wird dadurch vorläufig noch nicht berührt. An die Stelle der aristotelischen Ernährungs- und Wachstumspsyche trat die sich chemisch vervielfältigende Anfangsmenge arteigener Eiweißverbindungen. Die Gestaltungspsyche bildet den wichtigsten Inhalt des Neovitalismus.

Ein Molekül wird lebend im Sinne von assimilierend genannt werden können, wenn es die Fähigkeit hat, sich irgendwie aus anderen Molekülen eine Kopie seiner selbst herstellen zu können. Für die allgemeinste Fassung muß dabei die nähere Ausführung noch wegbleiben. Man kann sich nämlich denken, daß ein großes Molekül, das in die Fläche entwickelt ist, viele kleinere Moleküle so lange Teil für Teil auf die Oberfläche apponiert, bis eine Kopie wie eine Art Niederschlag fertig geworden ist. Davon soll später gesprochen werden. Man kann sich aber auch denken, daß ein Anfangsmolekül eine Kette chemischer Umwandlungen erfährt, und daß diese Reaktionenkette in der Zeit im Kreise geschlossen sei, so daß ein Molekül wiederkehrt, das dem Anfangsmoleküle chemisch gleich ist.[1] Das ist eine mögliche

[1] Chemischer Wirbel.

Vorstellung davon, daß sich ein Molekül im Stoffwechsel selbst erhalte, d. h. regelmäßig wiederkehre. Wenn nun in einem Gliede dieser im Kreise geschlossenen Reaktionenkette sich ein Molekül befindet, das sich in zwei einander gleiche, kleinere Moleküle spaltet, so kehrt das Anfangsglied nicht einfach, sondern in der Zweizahl wieder. Auch diese Vorstellung entspricht dem Begriffe der Selbstvermehrung.

Natürlich bleibt noch eine andere Frage offen: Kann ein Molekül überhaupt die Fähigkeit der Selbstvermehrung haben? Von den Molekülen der exakt analysierten Stoffe hat kein einziges dieses Vermögen. Immerhin ist es aber möglich, daß die Riesenmoleküle diese Fähigkeit besitzen, und zwar gerade infolge ihrer Größe, mit der die Anziehung der kleinsten Moleküle an das große einseitig wächst. Da aber die Tatsache dieser Fähigkeit nicht aufgezeigt werden kann, so muß für die Begriffsbildung die weitere Möglichkeit offen bleiben, daß die Selbstverdoppelung nur einer Summe ungleicher Moleküle zukommt, indem jedes Molekül in eine andere Reaktionenkette eintritt, und diese Reaktionen zusammenspielen müssen. Dann hätte nur die Gesamtheit dieser Moleküle, nicht das einzelne, ein Assimilationsvermögen.

Die Vorsicht erfordert daher, daß man die Assimilation im Sinne von Selbstvermehrung nicht vom Moleküle, und nicht von einem Molekülsysteme von vornherein aussage, sondern zunächst nur vom *Assimilator*. Es ist dann eine Sache der überlegenden, hypothetischen Konstruktion, ob man zum Assimilator ein Molekül, oder ein Molekülsystem wählt.

Für den Assimilator ist noch keine Gestaltungspsyche erforderlich. Ist der Assimilator ein Molekül,

so ist die Molekülgestalt, die chemische Konstitution, zugleich seine Lebensform. Ist der Assimilator eine in sich geschlossene Reaktionenkette, so ist diese Molekülfolge[1] die Lebensform. Ist der Assimilator eine Menge bestimmt gearteter Moleküle, so genügt die allgemeine Annäherung im Raume zur Sicherung der Reaktionen. Eine bestimmte Gestalt der Molekülmenge ist für dieses Ergebnis bedeutungslos, wenn sie überhaupt da ist.

Diejenigen Stoffe, aus denen der Assimilator seine Kopie formt, kann man die Assimilanden nennen. Die gelungene Kopie ist dann das Assimilat. Entsteht die Kopie wie eine Art Mosaikniederschlag kleinerer Moleküle auf eine große Oberfläche, so sind Original und Kopie gleichzeitig. Entsteht die Kopie in einer, im Kreise geschlossenen, sich in der Schließung spaltenden Reaktionenkette, so sind zwei Kopien zu einer Zeit, wo das eine Original nicht mehr existiert.

Setzen wir den Assimilator gleich einem Moleküle von relativer Haltbarkeit der chemischen Konstitution, so ergeben sich drei verschiedene Größenverhältnisse, zum Assimilandum. Dieses ist entweder größer oder gleichgroß oder kleiner als der Assimilator, wenn man die Molekülgröße = Atomenzahl setzt.

Baut sich der Assimilator aus durchaus kleineren Molekülen seine Kopie, so besteht darin die aufbauende oder die synthetische Assimilation. Wird das Assimilandum durch den Assimilator nur umgeformt, ohne an Atomenzahl zu gewinnen oder zu verlieren, so besteht darin die umbauende oder transformatorische Assimilation. Spaltet der Assimilator ein größeres Molekül so, daß sich unter den Bruch-

[1] dieser „chemische Wirbel“.

stücken auch seine Kopie befindet, so besteht darin die spaltende oder diffissorische Assimilation.

Ist hingegen der Assimilator kein Molekül von relativer Haltbarkeit, sondern eine in sich geschlossene Reaktionenkette, die von einem Anfangsmoleküle oder aber von einer Anfangs-Molekülmenge ausgeht, so können alle drei Verhältnisse gemischt vorkommen.

Die synthetische Assimilation kommt außer allem Zweifel in der chlorophyllführenden Pflanze, wahrscheinlich aber überall vor. Die „grüne" Pflanze bedarf lebenslänglich nur ganz kleiner Moleküle, um ihr arteigenes Eiweiß zu vermehren. Hier muß ein Molekül-Aufbau stattfinden, ganz abgesehen davon, wie viele Molekül-Umbauten und Molekül-Spaltungen nebenhergehen. Die Pflanze spaltet irgendwie die Kohlensäure der Luft, sie nimmt Wasser auf; sie saugt aus dem Boden kleine Salzmoleküle. Um zu beweisen, daß diese kleinen Moleküle wirklich die ganze Nahrung ausmachen, wurden Landpflanzen vom Keime aus nicht im Boden, sondern im Wasser großgezogen. Bereits Duhamel erzog 1758 mit Erfolg Landpflanzen in natürlichem Wasser. Knop bildete 1861 die Methode der Wasserkultur mit bestimmten zugewogenen Salzmengen aus. Es ergab sich, daß zur Erziehung der meisten Gewächse Kalisalpeter, Kalksalpeter, saures phosphorsaures Kali, schwefelsaure Magnesia und phosphorsaures Eisenoxyd notwendig und hinreichend sind. Es ist damit noch nicht gesagt, daß Phosphor, Schwefel usf. in die Eiweißmoleküle selbst aufgenommen werden, aber jedenfalls ist die Anwesenheit dieser Stoffe zum Gelingen der Produktion unentbehrlich. Diese Stoffe sind nicht durch andere ersetzbar. Der Stickstoff wird in das Eiweiß selbst aufgenommen, und zwar aus dem Boden in der Form von Nitraten. Nitrite wirken auf die

Pflanze giftig. Der freie Stickstoff der Atmosphäre ist unbrauchbar.[1] Ammoniakverbindungen werden assimiliert. Wie immer auch es der Pflanze gelingen möge, aus diesen kleinen Molekülen Eiweiß zu bauen, das eine ist sicher, daß das Eiweiß immer mehr wird, und daß kein Eiweiß, nicht einmal halbwegs größere Moleküle anderer Art von außen zugeführt werden.[2] Es ist ganz ausgeschlossen, daß lediglich nur Eiweißmoleküle der Nahrung in arteigene Eiweißmoleküle des Körpers umgebaut werden, wie es bei animalischer Ernährung vielleicht denkbar, wenn auch nicht wahrscheinlich wäre. Daher ist das Problem der synthetischen Assimilation am reinsten in der chlorophyllführenden Pflanze eingeschlossen. Für den Begriff tut es nichts zur Sache, ob die synthetische Assimilation zu Eiweiß sofort aus den kleinsten Molekülen gelingt, oder ob eine große Menge von Zwischensynthesen erforderlich ist. Es mag sein, daß auch innerhalb der Pflanze die von der Pflanze selbst gebauten Eiweißverbindungen wiederum von anderen in eben dieser Pflanze nur umgebaut, nicht aufgebaut werden. Dies geht aber nicht in die Unendlichkeit; denn schließlich muß es Assimilatoren geben, die selbst nicht assimiliert werden, sonst wäre dieser Umbau nicht möglich. Wenn daher auch in den ganzen Vorgang Umbau und Spaltung oder Abbau mit eingeschaltet sein mögen, so ist doch der Aufbau das Unentbehrliche, das Charakteristische an der

[1] Hellriegel, Untersuchungen über die Stickstoffnahrung der Leguminosen und Gramineen, Berlin 1888, fand, daß die Leguminosen, nicht aber die Gramineen den Stickstoff der Bodenluft durch Bakteroïden zu assimilieren vermögen.

[2] Die Fähigkeit einiger Pflanzen, Sekrete auszuscheiden, durch die z. B. Fibrin gelöst wird, eröffnet bereits die Reihe der parasitisch Veranlagten.

ganzen Sache. Einen anderen Eindruck macht die Produktion lebender Substanz aus kurz vorher lebend gewesener (Fleisch- und Pflanzennahrung). Hier kann man nicht wissen, ob vielleicht nur ein Umbau, eine Verähnlichung, eine buchstäbliche Assimilation stattfindet. Wahrscheinlicher ist allerdings auch hier eine gründliche chemische Zertrümmerung der Nahrungsmoleküle, bevor der Wiederaufbau zu arteigenen Riesenmolekülen rasch aber doch weit von unten empor möglich wird. Die lebend gewesene Nahrung wirkt nicht durch ihre Strukturreste, sondern durch das günstige Mengenverhältnis der sehr kleinen Moleküle, in die die Nahrung chemisch zerfällt werden kann. Die Struktur als solche ist sehr hinderlich, weil sie im Widerspruche mit der Eigenart des Assimilators steht. Soweit die Struktur ein Hindernis bildet, soweit muß sie vor der endgültigen Assimilation zerstört werden. Wenn die chemische Konstitution der Eiweißverbindung ein Hindernis bildet, so muß auch das Eiweiß vorher in Nichteiweiß zerfällt werden. Wie weit diese Zerstörung notwendig ist, dies läßt sich zurzeit überhaupt nicht erforschen. Es läßt sich nicht ahnen, ob es der Natur leichter fällt, ein Riesenmolekül durch ein schon vorhandenes aus vielen kleinen neu aufzubauen oder ein Riesenmolekül durch ein gegebenes umzuformen. Es können besondere Spaltermoleküle tätig sein, die die Nährstoffe in sehr kleine Moleküle zerlegen, aus denen erst die Riesenmoleküle neuerdings aufgebaut werden. Je rascher sich dieser Abbau und Wiederaufbau vollzieht, und auf je weniger Zellen die Arbeit aufgeteilt ist, desto schwieriger sind die nur vorübergehend vorhandenen Abbau-Moleküle zu finden, und desto mehr macht das Ganze den Eindruck eines direkten Umbaues. Wir können nicht wissen, ob die Pro-

duktion der lebenden Substanz aus den kleinsten Molekülen durch die chlorophyllführenden Pflanzen wirklich durch jene große Kluft von der animalischen Produktionsweise getrennt ist, die gewöhnlich angenommen wird. Daß die animalische Produktionsweise keinen Sauerstoff ausscheidet, ist vollkommen Nebensache. Die Pflanze scheidet den Sauerstoff nur bei Stärkegewinnung und analogen Produktionen unbelebter organischer Verbindungen aus. Im übrigen verbrennt sie den aufgenommenen Sauerstoff zu Kohlensäure.

Soweit die bekannt gewordenen Tatsachen bis jetzt reichen, findet man die synthetische Assimilation nur an der belebten Materie. Im unbelebten Reiche gibt es allerdings Fälle, wo Moleküle sich selbst durch Reagentien höher bauen, mindestens ihre Atomenzahl vergrößern. Es wird aber dabei nicht eine assimilierende Anfangsmenge gleicher Art vorausgesetzt. Aus Schwefeldioxyd SO_2, Sauerstoff und Wasser kann mit Hilfe einer konstanten Menge Salpeters beliebig viel Schwefelsäure H_2SO_4 fabriziert werden. Der Salpeter wirkt durch die Stickstoffoxyde, die aus ihm gebildet werden. Diese Oxyde geben an SO_2 Sauerstoff ab, und regenerieren sich aus dem Sauerstoffe der Luft. Sie werden daher nicht verbraucht, müssen aber in den chemischen Prozeß als molekülaufbauende Arbeiter eintreten, weil SO_2 den Sauerstoffzuwachs nicht selbst der Luft zu entnehmen vermag. Die aufbauenden Moleküle, die Stickstoffoxyde, sind in diesem Beispiele von den aufgebauten Molekülen Schwefelsäure $2\,(H_2SO_4)$ ganz verschieden; daher darf man sie nicht mit Assimilatoren vergleichen, und die aufgebauten Schwefelsäuremoleküle nicht mit Assimilaten. Die Baustoffmoleküle sind $2\,(SO_2)$, O_2 und $2\,(H_2O)$. Aus fünf

kleineren Molekülen werden zwei größere. Daher ist der ganze Vorgang ein Molekülaufbau, jedoch ohne eine Ähnlichkeit mit einer synthetischen Assimilation. Die Schwefelsäuremenge wächst zwar, aber nicht mit Hilfe der schon vorhandenen, deren Anwesenheit ganz gleichgültig ist. Würden wir die Schwefelsäurefabrikation mit der Assimilation der lebenden Materie vergleichen wollen, so ergäbe der Vergleich nur einen Körper, der ein gewisses Sekret endlos produziert, wenn ihm endlos die nötigen Stoffe zugeführt werden, der aber dabei nicht selbst wächst und sich nicht einmal selbst zu reparieren vermag. Man müßte geradezu sagen, dieser Körper werde an Schwefelsäurekrankheit zugrunde gehen, weil er alles, was ihm zugeführt wird, in Schwefelsäure verwandelt und nichts für sich gewinnt. Es ist ganz ausgeschlossen, einen chemischen Prozeß zu ersinnen, worin mit Hilfe der zuwachsenden Schwefelsäure oder der zugeführten Stoffe SO_2, H_2O und O_2 die Salpetermenge, also die arbeitenden, aufbauenden Moleküle vermehrt werden könnten.

Die Stelle der aufbauenden Moleküle kann auch das Licht und andere Agentien vertreten. So bauen sich Kohlenoxyd CO und Chlorgas Cl_2 im Lichte von selbst zu Carbonylchlorid $COCl_2$ auf; daher der Name Phosgengas. Das Licht versetzt die Moleküle des Chlors in einen verbindungsfähigeren Zustand, der auch nach der Verfinsterung noch einige Zeit anhält. Bunsen und Roscoe[1] nannten dies die photochemische Induktion. Denselben Dienst leistet auch glühender Platinschwamm. Dieser Vorgang ist zugleich ein Beispiel für den Aufbau aus ungesättigten Molekülen. Aus dem gesättigten CO_2

[1] Poggendorfs Annalen, Bd. 100, Seite 481 ff.

und Cl_2 entsteht kein Phosgen. Hingegen benützt die grüne Pflanze die gesättigte Verbindung CO_2 zur synthetischen Assimilation. In der lebenden Pflanze vollzieht sich das Gegenteil: nicht die Sättigung des Ungesättigten, sondern die Spaltung des Gesättigten.

Ein besonderer Fall des Molekülaufbaues ist die Polymerisierung. Hier sind die aufzubauenden Moleküle untereinander gleich. So baut zum Beispiele die Schwefelsäure mit wenig Wasser, ohne selbst in das neue Molekül einzugehen, aus zwei Molekülen Isobutylen $(CH_3)_2C:CH_2$ ein Molekül Diisobutylen C_8H_{16} und aus drei Molekülen Isobutylen ein Molekül Triisobutylen $C_{12}H_{24}$. Mit der Assimilation des Lebenden hat dieses Beispiel insoferne nichts zu tun, als nicht ein schon vorhandenes großes Molekül die kleineren zusammenbaut, sondern die Schwefelsäure. Es mag aber an der lebenden Substanz häufig vorkommen, daß ein fertiges großes Molekül die kleineren anzieht und festhält, bis eine Polymerisierung stattgefunden hat. Die Polymerisierung scheint etwas Wichtiges zu sein, das sich an die Assimilation anschließt, so daß die Moleküle sich selbst höher zu bauen vermögen, ohne für diesen höheren Bau eines Assimilators zu bedürfen. Das aber, was sich polymerisieren soll, muß vorher durch synthetische Assimilation mit Hilfe eines Assimilators gewonnen worden sein.[1]

Der Molekülumbau (im Gegensatze zum Aufbau und Abbau findet dann statt, wenn die Atomenzahl eines Moleküles bei der Veränderung konstant ist. Wenn zum Beispiel ein Molekül Wasser H_2O ein Atom Wasserstoff abgibt und dafür ein Atom

[1] Über die Polymerisierung vgl. Pflüger in dem Archiv für die gesamte Physiologie usf., Bd. X, 251 und XI, 222.

Natrium von anderswoher aufnimmt, so ist das Wassermolekül in ein Molekül NaOH umgebaut oder transformiert, nicht aber aufgebaut worden. Dieser Molekülumbau hat in diesem Beispiele mit der Assimilation nichts zu tun. Hingegen bringt M. Kassowitz[1] ein Beispiel einer umbauenden Assimilation aus dem Gebiete der unbelebten Materie. Wenn Soda Na_2CO_3 sich bei Gegenwart von Kohlensäure und Wasser in $NaHCO_3$ verwandelt, so ist die Atomenzahl in Na_2CO_3 und in $NaHCO_3$ gleich geblieben. Das Molekül Soda hat nur ein Atom Na weggegeben, und dafür ein Atom H aufgenommen. Das ausgeschiedene Atom Na wird von einem Wassermoleküle aufgenommen, das dafür ein Wasserstoffatom an das Sodamolekül abgibt, und sich aus H_2O in NaOH verwandelt. Auch hier ist die Atomenzahl 3 gleich geblieben. Wir haben zwei Molekültransformationen und keine Molekülsynthese zu verzeichnen:

$$Na_2CO_3 + H_2O = NaHCO_3 + NaOH.$$

An diesen Prozeß schließt sich nun ein nicht assimilatorischer Molekülaufbau an, indem NaOH und die zugeführte Kohlensäure sich zu doppeltkohlensaurem Natron vereinigen:

$$NaOH + CO_2 = NaHCO_3,$$

ohne eines gegebenen Anfangsquantums von doppeltkohlensaurem Natron zu bedürfen. Das heißt, wenn man gleich NaOH und CO_2 aufeinander wirken läßt, dann bedarf man keiner Anfangsmenge.

Durch die Kombination des vorangehenden Umbaues mit dem nachfolgenden Aufbaue wird die Menge der Moleküle $NaHCO_3$ doppelt so groß wie die ursprünglich gegebene Menge der Moleküle Na_2CO_3.

[1] M. Kassowitz, Welt, Leben und Seele, Wien 1908, Seite 72.

M. Kassowitz betont, daß zu dieser Umwandlung die Eintragung einer, wenn auch noch so kleinen Spur fertigen Natriumbicarbonates erforderlich ist. Das fertige Natriumbicarbonat besitze eine „assimilatorische Energie", indem es aus dem vorhandenen Na_2CO_3, CO_2 und H_2O Seinesgleichen aus den Atomen und Atomengruppen aufbaue. Ich glaube, daß man hier von einem assimilatorischen Vorgange sprechen kann, jedoch mit der schärferen Bezeichnung der umbauenden oder transformatorischen, nicht der synthetischen Assimilation. Das fertige Molekül Natriumbicarbonat erleichtert die Ausscheidung eines Atomes Na aus dem Molekül Na_2CO_3 und den Eintritt eines Atomes H in eben dieses Molekül. Mit dieser Transformation ist die Wirkung des Salzmoleküles zu Ende. Die dadurch frei werdende Natronlauge baut sich ohne eine ferner erforderliche Mitwirkung der eingetragenen Spur $NaHCO_3$ von selbst ohne assimilatorische Energie zu $NaHCO_3$ auf. Wir haben hier tatsächlich eine Synthese, aber diese ist nicht assimilatorisch; wir haben hier tatsächlich eine Assimilation, aber diese ist nicht synthetisch. Die Transformation geht von $NaHCO_3$ aus, die Synthese von NaOH. Das Beispiel ist für die transformierende Assimilation lehrreich. Führen wir den Vergleich zu Ende. Vergleichen wir das eingetragene Natriumbicarbonat mit der lebenden, sich selbst vermehrenden Substanz, so wird das vorhandene einfache Natriumcarbonat zum Gleichnis für die aufzuzehrende Nahrung. Sowie der Natriumgehalt nicht vermehrt, sondern nur auf eine doppelt so große Molekülzahl verteilt, also verdünnt wird, so wird auch im Leben der Kohlenstoffgehalt des Eiweißes durch transformatorische Assimilation nicht vermehrt, sondern nur in den Molekülen anders verteilt. Das Gleichnis ist also nicht

für jene Fälle berechnet, wo Eiweiß aus Nichteiweiß erst gebaut werden soll, sondern wo es sich nur darum handelt, ein arteigenes Eiweiß in ein anderes arteigenes zu verwandeln. Gäbe es nicht neben der transformatorischen eine synthetische Assimilation, so müßten Tiere und Pflanzen in der kürzesten Zeit verhungert sein. Die Bedeutung der umbauenden Assimilation soll durch diese Schlußfolgerung nicht unterschätzt werden. Es handelt sich nur darum, die Begriffe des Synthetischen und des Transformatorischen zu scheiden. Das Transformatorische ist für das Leben von problematischer Wichtigkeit, da die Synthese und die Spaltung die Hauptrollen haben. Dieses Transformatorische läßt sich in der unbelebten Materie analog auffinden. Das Synthetische ist physiologisch wichtig, aber bisher wenigstens mit gesättigten Molekülen nicht nachahmbar.

Nach der Synthese und der Transformation oder nach dem Aufbau und Umbau der Moleküle haben wir die Spaltung, die Diffision oder den Abbau der Moleküle zu unterscheiden. Die Zerlegung eines großen Moleküles in kleinere kann durch allerlei Agentien, auch durch ein kleineres Molekül verursacht werden, das bei dieser Arbeit nicht chemisch verbraucht wird. Ein solches Molekül kann man ein abbauendes Molekül, ein Sprengmolekül, ein Spaltermolekül oder einen Diffissor nennen. Hat dieses Molekül außerdem die Fähigkeit, sich selbst aus Assimilanden zu vermehren, so kann es ein lebendes Diffissormolekül genannt werden. Es wird aber dann nicht lebend genannt, weil es zu spalten vermag, was einem leblosen Moleküle ebenso gelingen kann, sondern weil es, abgesehen von der Spaltung, assimiliert. Die Spaltereigenschaft ist korrelativ zu bestimmten anderen Molekülen. Ein Diffissor kann

unbelebte Moleküle und Assimilatormoleküle spalten. Verlieren die Spaltungsprodukte dieser Assimilatoren die Fähigkeit sich zu vermehren, und sind die Diffissormoleküle selbst lebendig, so haben wir den Fall lebender Lebenszerstörer. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sich unter den Bruchstücken eines großen Moleküles kleinere Moleküle finden, die dem Diffissor chemisch gleich sind. Dann sind die zu spaltenden großen Moleküle zugleich die Nahrung der sich vermehrenden Diffissoren. Die Diffissoren werden auch dadurch wichtig, daß sie die Nahrungsmoleküle so spalten, daß daraus erst Assimilanden für größere Assimilatoren werden, die sich die Nahrung nicht selbst vorzubereiten vermögen, aber aus den Spaltungsprodukten ihre eigenen Kopien zu bauen imstande sind.

Die Diffissoren, sie mögen nun Moleküle oder Molekülgruppen sein, führen verschiedene Namen. Hierher gehören alle Fermente und alle Enzyme, ohne daß durch die Summe der beiden das Begriffsfeld der Diffissoren erschöpft wäre. Man nennt die Molekülspalter Fermente, wenn sie an der lebenden Zelle festhaften. Diese Diffissoren sind nicht nur während des Lebens der Zelle wirksam. Von Enzymen spricht man, wenn man Diffissoren aus den Zellen, bezw. aus Sekreten heraus isolieren kann. Die Diffissoren bewirken nicht nur Gärung, Fäulnis, Verwesung, sie dienen auch der Vorbereitung der Nahrung. Als Beispiel eines Diffissors, der nicht einem lebenden Körper entnommen ist, möge die Salzsäure dienen, die aus Stärke Zucker macht. Das Molekül einer jeden Stärkeart ist mindestens das Vierfache von $C_6H_{10}O_5$. Um das Molekül darzustellen, können wir mindestens vier Kohlenstoffringe zu sechs Atomen annehmen, von denen zwei in der Ebene dieses

Papieres gezeichnet sind, während zwei andere in einer höheren Ebene parallel dazu und gleichstimmig gruppiert zu denken sind. Die Bindung der beiden Ebenen erfolge durch die punktierten Valenzlinien. Selbstverständlich lassen sich die parallelen Ebenen in beliebiger Zahl konstruieren, wenn man die Valenzlinien zwischen den Ringen der oberen Ebene durchschneidet, senkrecht auf die Ebene stellt, und in der nächst höheren Ebene wieder zwei Ringe angliedert. Zuletzt schließt man dann wieder in irgend einer Ebene die Ringe. Wir wollen der Einfachheit halber uns mit vier Ringen in zwei Ebenen begnügen.

```
       H  OH  H  OH                  H  OH  H  OH
        \ /    \ /                    \ /    \ /
         C——————C                      C——————C
        /        \      .·    ·.      /        \
  OH\  /          \   .·        ·.   /          \  /H
     >C            C———————————————C             C<
  H/   \          /                 \           /  \OH
        \        /                   \         /
         C——————C                      C——————C
        / \    / \                    / \    / \
      OH   H OH   H                 OH   H OH   H
```

Indem sich die Moleküle der Salzsäure zwischen die Kohlenstoffringe molekular-physikalisch eindrängen, reißen sie die Ringe auseinander. Die freiwerdenden Valenzen sättigen sich mit je einem OH und H, das sie dem Wasser entnehmen, und ein Stärkemolekül zerfällt in vier Zuckermoleküle (Traubenzucker, d-Glukose). Man kann daher mit einer konstanten Menge Salzsäure nacheinander Stärke in Zucker verwandeln. Die gleiche Diffissorarbeit leistet das im Speichel enthaltene Ptyalin. Die Verwandlung von Stärke in Zucker ist ein Abbau. Die Rückverwandlung von Zucker in Stärke ist ein Aufbau, der bisher nur in der

lebenden Pflanze beobachtet wurde.[1] Der Abbau gelingt leicht auch außerhalb der Pflanze mit unbelebten Agentien.

Man glaubte vielfach, daß es auch synthetisch wirkende Fermente und Enzyme gebe. Die Tatsachen sprechen bis jetzt nicht dafür. Hill entdeckte ein Enzym, das Dextrose in Maltose verwandelt. Man kann dies als einen Aufbau ansehen. Man kann aber ebensogut sagen, das Enzym spalte nur ein Wassermolekül ab, und der Rest $C_6H_{10}O_5$ verbinde sich von selbst ohne weitere Mithilfe des Enzymes mit einem unversehrten $C_6H_{12}O_6$ zu Maltose. Würde ein zweifellos direkt aufbauendes Enzym entdeckt werden, dann dürfte man es nicht mehr zu den Spaltermolekülen rechnen.

Es ist übrigens wahrscheinlich, daß viele Diffissorarten entweder selbst lebendig sind, oder regelmäßig von Assimilatoren abstammen. Es wäre sonst schwer einzusehen, wie ihre Menge mit der fortschreitenden Aufteilung auf viele neu entstehende Zellen gleichen Schritt halten könnte. Manche Diffissormoleküle scheinen erst unter bestimmten Bedingungen erzeugt zu werden, und nicht jedem Entwicklungsstadium eines Organismus anzugehören. Es mag auch sein, daß nur die Vermehrung mancher Diffissoren unter Bedingungen so zurückgeht, daß die Wirkungen des vorhandenen Minimums unmerklich werden.

Eine Diffissorart kann möglicherweise eine bestimmte andere Diffissorenart spalten. Jedenfalls sind alle in demselben Zelleibe vorkommenden Diffissoren

---

[1] Böhm führte (1883) entstärkten Blättern eine Zuckerlösung zu und fand, daß Stärke gebildet wurde. Dieses Experiment wurde vielfach bestätigt. Botan. Zeitung, 1883; Botan. Centralblatt, 1889, Seite 92.

gegeneinander immun, sonst wären sie nicht alle da. Ebenso müssen die nicht spaltenden Assimilatoren des Zelleibes und der Zellwand gegen die Diffissoren des Zelleibes immun sein, sonst wären sie nicht da. Dasselbe gilt nicht für artfremde Assimilatoren.

Überblicken wir das bisher gewonnene Ergebnis. Wir können den Molekül-Aufbau, den -Umbau und den -Abbau bei belebten und unbelebten Molekülen begrifflich scharf unterscheiden. Assimilation im engeren Sinne ist jener Fall, wo eine schon vorhandene chemisch bestimmte Menge von Materie, sie bestehe nun aus einem Moleküle oder einer Gruppe heterogener Moleküle, eine chemisch gleich beschaffene Menge aus anderen unbelebten Molekülen synthetisch hervorbringt. In diesem Sinne bedeutet Assimilation nicht buchstäblich eine Verähnlichung durch Umformung, sondern eine synthetische Adäquation; Vervielfältigung eines vorhandenen Stoffes aus ungleichen Stoffen niederer Zusammensetzung unter Hilfe des vorhandenen Stoffes.

---

c) Das Hineinspielen der Verkleinerungshypothesen in die Begriffsbildung.

Es ist ein bekannter und vielbesprochener Zug des menschlichen Geistes, rätselhafte Erscheinungen dadurch weniger rätselhaft machen zu wollen, daß man ihre Ursprünge entweder in entfernte Zeiten oder in entfernte Orte zurückschiebt, oder endlich unsichtbar klein macht. Die Urzeugung, die bei dem heutigen molekularisierten Weltzustande im Widerspruche mit allen Tatsachen steht, halten viele für möglich, wenn nur eine so gut wie unendlich lange

Zeit gegeben ist. Daß mit der Zeit als solcher gar nichts gewonnen ist, und daß nur die Annahme eines ehemaligen atomisierten Weltzustandes und eines Überganges aus dem atomisierten in den molekularisierten Zustand helfen kann, daran wird gewöhnlich nicht gedacht. Ebenso halten manche die Urzeugung für möglich, sofern sie nur in einem anderen Sonnensysteme stattgefunden hat, und einige Keime durch Meteoriten auf unseren Planeten vertragen wurden. Diese vergeblichen und doch subjektiv viele befriedigenden Enträtselungsversuche kann man die Entfernungshypothesen oder Verschiebungshypothesen nennen. Gleichen Wert mit ihnen besitzen die Verkleinerungs- oder Zerstäubungshypothesen. Die Eigenschaft des Ganzen gilt für erklärt, wenn man diese Eigenschaft auf die Teile übertragen und dadurch die Vorgänge vervielfältigt, verkleinert und unsichtbar gemacht hat. Man erklärt zum Beispiel die Härte eines Aggregates aus der Undurchdringlichkeit und Härte der letzten Teilchen. Die Erklärung ist logisch unmöglich, aber sie wirkt psychologisch beruhigend. Ein hartes Aggregat verwandelt einen Teil des Stoßes nach bestimmten Bedingungen in Wärme, d. h. in eine Innenbewegung des Aggregates oder in eine Bewegung der Teilchen des Aggregates gegeneinander, so daß keine Energie vernichtet wird. Ein letztes Teilchen, ein Uratom, kann keine Innenbewegung haben, weil es kein Aggregat ist. Es kann daher auch nicht einen Teil der kinetischen Energie in Wärme verwandeln. Wenn es undurchdringlich ist, so wird ein Teil der kinetischen Energie vernichtet werden, und verhältnismäßig schnell die ganze Welt physikalisch und chemisch erstarren. Daher darf man das Stoßgesetz für harte Aggregate nicht auf Uratome anwenden. Greift man aber zum Stoß-

gesetze für elastische Aggregate, so wird die Verlegenheit noch größer; denn ein letztes Uratom kann keine Elastizität haben, weil es kein Aggregat ist, dessen Teilchen sich so gegeneinander bewegen, daß der empfangene Stoß in umgekehrter Richtung zurückkommt. Man läßt gewöhnlich Verlegenheit Verlegenheit sein und erklärt den wirklichen, und daher möglichen Stoß der Aggregate durch die vielen, unsichtbar kleinen Stöße zwischen letzten Teilchen nach einem logisch unmöglichen, wenn auch rechenbaren Gesetze. Ebenso geht es mit der Gestalt. Man erklärt die Gestalt des sichtbaren Kristalles aus der unsichtbaren Gestalt der Partikel, und diese aus der Gestalt des Moleküles. Allerdings ist das Molekül kein Ding, sondern ein Spielbezirk für Atome; auch das Atom ist kein Ding, sondern wiederum ein Spielbezirk für noch kleinere Teilchen usf., bis in ziemlich weiter Abstufung die Uratome erreicht werden. Man beruhigt sich aber dabei, daß der Kristall in sich starr ruhe, weil es die Moleküle tun. Das zu Erklärende wird in die Unsichtbarkeit hinein zerstäubt. Es liegt darin eine psychische Abwehrbewegung gegenüber dem lästigen Rätsel, das nun sozusagen verweht ist. Genau so geht es auf dem Gebiete des Belebten zu. Jeder Organismus bedarf zu seiner Existenz des Sauerstoffes. Das kommt davon her, konstruiert man, daß alle Moleküle der lebenden Substanz atmen. Daher atmet das Ganze. Jeder Organismus scheidet Kohlensäure aus. Das kommt davon her, daß alle Moleküle der lebenden Substanz Kohlensäure aushauchen. Die ausgeatmete Kohlensäure hat ihren Kohlenstoff dem Organismus entnommen; also verliert auch das lebende Molekül einen Teil seines Kohlenstoffes durch Abatmung. Der eingeatmete Sauerstoff verbindet sich chemisch

mit dem Organismus. Das kommt davon her, daß der Sauerstoff in den Molekülverband aller lebenden Moleküle aufgenommen wird. Auf dem Wege der Problemzerstäubung gelangen wir so in kürzester Zeit von der Organismusatmung zur Molekülatmung. Wenn der Organismus keinen Sauerstoff findet, so erstickt er. Wenn ein Molekül keinen Sauerstoff erhält, so erstickt es. Wie stellt man sich den Erstickungstod eines Moleküles vor? Wozu werden dem lebenden Moleküle beständig Atomgruppen durch Abatmung entrissen, die ja doch auf unerklärte Weise sofort wieder restauriert werden müssen, damit das Molekül nicht ersticke; das heißt, damit sofort wiederum diese zwecklose Abatmung vor sich gehen kann. So sehen die Folgen der Zerstäubungshypothese aus. In einem ruhenden Saatkorn werden die Oxydationen und Restaurationen für ein und dasselbe Molekül in der Zeit sehr weit auseinander liegen müssen. Fast die ganze Ruhezeit hindurch wird sich das Molekül entweder im restaurierten Zustande fast ohne Atmung behelfen müssen, und dabei nicht ersticken dürfen, oder im oxydierten Zustande beharren müssen, ohne zu leiden. Um die Verkleinerungshypothese zu halten, wird hier eine Art Scheintod angenommen. Natürlich wirken diese hypothetischen Gewohnheiten auf die Begriffsbildung zurück. An die Stelle des assimilationsfähigen Moleküles tritt ein Reaktionenzyklus, worin jedes Molekül nur mehr als ein Durchgangsstadium vorkommen soll. Dadurch wird wiederum der Assimilationsbegriff kompliziert. An die Stelle des sich verdoppelnden Moleküles tritt der sich verdoppelnde Reaktionenzyklus, worin ja doch wiederum die Molekülverdoppelung in mindestens einem Gliede der Reaktionenkette eingeschachtelt werden muß. Befreit man sich von dieser Zerstäubungstendenz, so

hat man die Möglichkeit einer einfacheren Auffassung. Die Schwefelsäurefabrik hat auch eine Art Atmung, indem der Sauerstoff eingenommen und Schwefelsäure ausgegeben wird. Es atmen aber hier nicht alle Molekülarten, sondern nur die Stickstoffoxyde, die den Sauerstoff aufnehmen, abgeben und wieder aufnehmen. Der abgegebene Sauerstoff wird in statu nascenti auf SO_2 übertragen, das sich als SO_3 sofort mit Wasser zu Schwefelsäure vereinigt, und daher im Gegensatze zum Oxydator das Oxydationsprodukt darstellt. Wir haben hier einen ausgesprochenen Gegensatz zwischen Oxydatoren und bleibend oxydierten Molekülen, die den Sauerstoff nicht weiter übertragen. Dieser wichtige Gegensatz kann ja auch, was wir nicht wissen können, in jeder Zelle vorkommen. Wenn es eigene, der Selbstvermehrung fähige und in diesem Sinne lebende Oxydatormoleküle gibt, so wird jede Zelle atmen können und müssen, solange ihr (passende Temperatur und Wassergehalt vorausgesetzt) Sauerstoff zugeführt wird, und solange die Oxydatormoleküle nicht zerstört sind. Die Oxydator-Moleküle bedürfen nicht des Sauerstoffes, um zu leben, sondern der Sauerstoff bedarf dieser Oxydatoren, um andere, oxydable Moleküle dauernd zu oxydieren. Man kann daher sehr wohl den Satz Pflügers[1] unterschreiben, daß „alle Zellen fortwährend im Brande stehen, wenn wir das Licht auch nicht mit unserem leiblichen Auge sehen", und dennoch an dem Gegensatze zwischen Oxydatoren und bleibend zu oxydierenden Molekülen festhalten. Es ist nicht einmal so sicher, daß der Sauerstoff durch die Oxydatoren an die anderen lebenden

[1] Pflüger, Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen, Archiv für die ges. Physiologie, Bd. X, Seite 296, 1877.

Moleküle übertragen wird. Es kann ja sein, daß die Oxydatoren vorzugsweise oder ausschließlich jene nicht lebenden Moleküle verbrennen, die giftige Abfallsprodukte sind und nicht nur die anderen lebenden, d. h. sich selbst vermehrenden Moleküle, sondern auch die lebenden Oxydatoren zerstören würden, wenn keine Oxydation stattfände. Die Oxydatoren verteidigen dann durch beständige Sauerstoffübertragung auf die gefährlichen unbelebten Verbindungen ihr eigenes Leben und das Leben der anderen Selbstvermehrer. Die Verteidigung des Lebens ist mit diesem selbst nicht identisch. Das Leben besteht dann in der Selbstvermehrung dieser Oxydatoren, die neben der Sauerstoffübertragung und unabhängig von ihr einhergeht. Wenn wir diese Vorstellungen wählen, dann können wir den Begriff der schwer verständlichen Selbstreparatur (Regenerationsvermögen) des Moleküles entbehren. Die lebende Substanz regeneriert sich dann dadurch, daß für die dem Stoffwechsel verfallenen Moleküle immer neue der gleichen Art durch Assimilation nachgeschoben werden, ohne daß eine Restitution eines einmal veränderten Moleküls durch eine Umkehr der Stoffwechselrichtung angenommen werden müßte. Wir erhalten drei Klassen lebender Moleküle: Oxydatoren, oxydable Moleküle, die oxydiert bleiben, ohne den Sauerstoff zu übertragen, und solche, die weder Oxydatoren sind noch sich selbst bleibend oxydieren lassen. Außerdem müssen wir die unbelebten Moleküle beachten. Diese können auch Oxydatoren sein, oder gegen Oxydation unzugänglich, oder oxydabel. Es bleibt immer eine offene Frage, ob die Oxydation eine Verteidigung der chemischen Existenz und ihrer Selbstvermehrung gegen giftige Abfallsprodukte ist, die durch lebende Spaltermoleküle entstehen, oder ein integrierender Be-

standteil des Lebens selbst. Im Ofen ist natürlich alles verbrennbar. Eine vorsichtige Begriffsbildung wird daher diese Unterschiede: Assimilator, Oxydator, oxydables Molekül, nicht oxydables Molekül usw. beachten, und Assimilation nicht mit Molekülatmung begrifflich identifizieren. Will dann eine Hypothese es so einrichten, daß jedes Molekül zugleich Oxydator, zugleich sauerstoffbedürftig und zugleich Assimilator sein soll, so kann die sachliche Vereinigung konstruiert werden. Man kann, wenn man will, das Gewicht nicht auf die chemische Konstitution, sondern auf den ewigen Wechsel dieser Konstitution unter Mithilfe des Sauerstoffes legen, und die ganze Annahme recht plausibel machen. Es sollen aber immer sachliche Gründe für diese Annahme gebracht werden, denn die Zerstäubung der Lebenstatsache der Atmung des gesamten Organismus in die hypothetische Atmung sämtlicher Moleküle allein genügt nicht.

Mit der Zerstäubungstendenz hängt auch der Begriff des Molekülstoffwechsels zusammen. Der gesamte Organismus ist in beständiger Stoffveränderung begriffen, wenn wir von den Ruhezuständen der vegetabilischen Samen und Sporen, der gelegten Vogeleier, der eingetrockneten Rädertierchen usf. absehen. Die Zerstäubungstendenz erklärt dies wiederum sehr einfach durch den inneren Stoffwechsel des Moleküles. Die Moleküle der lebenden Substanz sollen fast beständig Atome und Atomgruppe abgeben und andere aufnehmen, so daß es ein Molekül eigentlich immer nur in einem Augenblicke gibt, weil im nächsten schon ein anderes dafür eingetreten sei. Die Moleküle der lebenden Substanz haben vielleicht diese Beschaffenheit; sie haben sie vielleicht auch nicht. Mit der Atomenzahl wächst natürlich die Zahl der chemischen Veränderungsmöglichkeiten, und unter ge-

wissen Voraussetzungen auch die Zahl der wirklichen Veränderungen. Mit dem Größerwerden dieser Zahl vermindert sich die Dauer der einzelnen chemischen Konstitution. Daraus folgt noch nicht, daß das einzelne Molekül so kurzlebig sein müsse, daß es kaum Zeit hat zu existieren. Immerhin wäre es mindestens plausibler, arteigene Moleküle anzunehmen statt arteigener, im Kreise geschlossener Reaktionenketten, weil man dadurch die Formenbeständigkeit leichter erklären könnte, die es neben der Formenveränderlichkeit auch gibt.

Ein lebendes Molekül, das aus kleineren Molekülen anderer Art seine eigene Kopie durch eine Apposition aufbaut, ist nicht in den Stoffwechsel als ein Glied desselben einbezogen, sondern vom Stoffwechsel umgeben oder umspült. Man kann sich ein lebendes Molekül denken, das weder ein Oxydator, noch ein Diffissor ist, wohl aber die Selbstvermehrung vornehmen kann, wenn ihm die umgebenden Oxydatoren und Diffissoren die zugeführte Nahrung gehörig vorbereiten und die schädlichen, umgebenden Stoffe unschädlich und zur Ausscheidung transportabel machen. Diese Assimilation ist dann nur durch den Stoffwechsel möglich, und doch so wenig mit ihm identisch wie das Tier mit seiner Nahrung und seinem Pfleger. Das lebende Molekül lebt nicht, weil es assimiliert, und solange es assimiliert, sondern es assimiliert, weil es hierzu befähigt ist, wenn ihm Assimilanden zugeführt werden. Man kann sich sogar denken, daß es Assimilatoren gibt, die gar keines Stoffwechsels bedürfen, weil sie kleinste Moleküle wie Kohlensäure, Wasser und einige Salze allein zum Aufbau benützen. In der chlorophyllführenden Pflanze wird es solche Assimilatoren in großer Menge geben können.

Eine vorsichtige Begriffsbildung wird daher den Begriff der Assimilation vom Begriffe des Stoffwechsels als einer möglichen aber nicht immer notwendigen Voraussetzung der Assimilation trennen. Will es nun eine Hypothese so einrichten, daß das Assimilat als ein Glied in einer Stoffwechselkette aufgenommen wird, so fällt die Assimilation mit dem aufsteigenden Teile des Stoffwechsels sachlich zusammen. Will es eine Hypothese anders einrichten, so kann der Stoffwechsel sachlich neben der Assimilation, vor ihr und nach ihr bestehen. Für jede der Annahmen sind aber Gründe anzugeben, denn das Bekenntnis, daß man sich durch die Zerstäubung des Problemes befriedigt fühle, erfüllt, wie gesagt, nicht jedermanns logische Erwartungen.

Der Stoffwechsel selbst hat zwei Seiten: die Vorbereitung der Nahrungsmoleküle durch Spaltung, und die Umwandlung anderer Moleküle, sei es durch Spaltung, sei es durch Oxydation und durch andere Prozesse in Baumoleküle für das Körpergerüst und in kleinere Moleküle, die ausgeschieden werden. Die zur Betriebsfunktion nötigen Sekretmoleküle gehören bereits der ersteren Richtung des Stoffwechsels an. Moleküle, die sich nur vermehren, arbeiten dadurch noch nicht für die Zelle. Moleküle, die spalten oder oxydieren oder sonstwie chemisch tätig sind, sind Arbeitsmoleküle; gleichgültig, ob sie dabei vermehrungsfähig sind oder nicht. Arbeit und Selbstvermehrung schließen sich nicht aus. Auch die reinen Vermehrungsmoleküle können insofern Arbeiter genannt werden, als ein Teil ihrer Erzeugnisse dem Stoffwechsel geopfert wird. Darin liegt insofern kein Widerspruch, als z. B. im Zellkerne gewisse Moleküle gegen den Stoffwechsel immun sind, weil sich dort nicht die dazu passenden Diffissoren finden, und

nach der Auswanderung in den Zelleib dem Stoffwechsel ohne Regeneration verfallen, weil sie dort mit geeigneten Diffissoren zusammentreffen.

Ein Hauptargument für die Identifizierung der Assimilation mit einem Teile des Stoffwechsels ist die erstaunliche Selbstzersetzbarkeit der lebenden Materie. Nach der Methode der Problemzerstäubung erklärt man dies einfach durch die außerordentliche Hinfälligkeit der einzelnen Moleküle, die sofort, nachdem sie gebaut sind, wieder zerfallen. Die Hinfälligkeit hat ihre Bedingungen; daher können vegetabilische Samen und Sporen, Vogeleier, getrocknete Infusorien usf. durch Wassermangel, durch verminderte Temperatur haltbar sein, ohne daß durch diese Ausnahmen die Regel aufgehoben würde. Auch hier ist eine gewisse Zurückhaltung bei der Begriffsbildung zu empfehlen. Das Ganze ist sicher sehr schnell zersetzbar. Es bleibt aber die Frage offen, ob die Zersetzung aus der eigenen Hinfälligkeit aller Teile folgt, oder ob nicht gewisse giftige Abfallsprodukte die lebenden Moleküle in dem Augenblicke spalten, wo diese Abfallsprodukte nicht mehr gleich vor der Entstehung wegoxydiert werden. Zersetzbarkeit ist ein korrelativer Begriff. Während des ganzen Lebens können die lebenden, d. h. die sich selbst vermehrenden Moleküle sehr haltbar gewesen sein, und erst im Augenblicke der Tötung äußert sich ihre Zerfällbarkeit, da sie schutzlos jenen Spaltermolekülen überliefert sind, mit denen sie früher nie zusammenkamen. Die Zersetzung nach der Tötung ist möglicherweise etwas anderes als jener intensive Stoffwechsel am Leblosen, der während des Lebens die Zersetzung nicht aufkommen läßt. Natürlich kann man den Zusammenhang auch anders konstruieren, indem man den Stoffwechsel während des Lebens

als ein beständiges Absterben und Wiederaufleben ansieht.

---

d) Unterschied zwischen Assimilation und lebendiger Polymerisierung.

Pflüger[1] konstruierte den Begriff des Lebens so: „Der Lebensprozeß ist die intramolekulare Wärme höchst zersetzbarer und durch Dissoziation — wesentlich unter Bildung von Kohlensäure, Wasser und amidartigen Körpern — sich zersetzender, in Zellensubstanz gebildeter Eiweißmoleküle, welche sich fortwährend regenerieren und auch durch Polymerisierung wachsen“.[2]

Die Polymerisierung unterscheidet sich von der Assimilation im Sinne der Molekülvermehrung einer gegebenen Anfangsmenge dadurch, daß nicht die Molekülzahl, wohl aber die Atomenzahl im Moleküle vervielfältigt wird. Beim Wachstum durch Polymerisierung wird das einzelne Molekül größer, aber es werden der Moleküle nicht mehr. Beim Wachstum durch Assimilation bleiben die Moleküle der Anfangsmenge gleichgroß, aber es werden ihrer mehr.

Nach der Pflügerschen Hypothese kann sich ein Molekül, das diese Fähigkeit besitzt, sehr hoch hinaufbauen, ohne ein fertiges Riesenmolekül vorauszusetzen, durch das der Aufbau gelenkt wird. Polymerisationswachstum ist Wachstum ohne Assimilator. Die selbstaufgebauten Eiweißverbindungen sind nach Pflüger zunächst noch nicht das Lebende selbst, son-

---

[1] „Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen.“ Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, Bd. X, Seite 251 ff.

[2] l. c. Seite 343.

dern nur eine „Nahrung“ für die Zelle, in die sie eingegliedert werden. Die Eiweißmoleküle aller Zellen sind nach Pflüger isomer. „Außerdem ist gewiß, daß bei sehr vielen polymerisierenden Verknüpfungen von Molekülen der allgemeine Kuppler: der Sauerstoff, als Atom eine ganz fundamentale Rolle spielt“ . . . (folgt die Verweisung auf die früher gegebenen Schemata). „Es hat gar keine prinzipielle Schwierigkeiten sich zu denken, daß im lebenden Organismus die Polymerisierung in infinitum vorschreitet, so daß große schwere Massen entstehen, die — abgesehen von den in wässriger Lösung befindlichen, nicht organisierten, nährenden Molekülen — faktisch nur ein einziges chemisches Eiweißmolekül enthalten. Vielleicht besteht das ganze Nervensystem mit allen wirksamen Teilen aus einem einzigen solchen chemischen Riesenmoleküle“ . . . „Wenn man sich so die Kohlenstoffketten oder Eiweißmoleküle mit Polymerisierung wachsend denkt, so begreift man, wie eine beliebig lange Fibrille, z. B. im Axencylinder oder dem Muskel, oder durch Nebeneinanderlagerung eine beliebig große Scheibe von fasriger Strukturart; durch Aneinanderknüpfung in allen Richtungen ein solider Körper entsteht. Die Ramificationen erzeugen netzförmige Verbindungen und erklären die große Leichtigkeit, mit welcher sich die Schwingungen von einem Teile des Nervensystemes nach fast jedem anderen fortpflanzen und den innigen Wechselverkehr, in dem sehr viele lebendige Zellen untereinander stehen“.[1] . . Diesem unbegrenzten Selbstaufbau steht ein Selbstzerfall gegenüber, der zu einer Art Gleichgewicht führen kann. „Eine Wahrheit, die allen Biologen auf Schritt und Tritt entgegenkommt, ist die ganz erstaunliche Zer-

[1] l. c. Seite 311.

setzbarkeit fast aller lebendigen Materie, wobei ich die Einwirkung von Fermenten gar nicht in Betracht ziehe. Diese Zersetzbarkeit ist die Ursache der Reizbarkeit. Sind es nicht wahrhaft verschwindend kleine lebendige Kräfte, die in einem Lichtstrahl wirkend, die gewaltigsten Wirkungen in der Retina und dem Gehirn hervorrufen? Ist nicht die leiseste Erschütterung, welche eine über einen bloß liegenden Muskel fahrende Nadelspitze erzeugt, hinreichend, eine sofortige Zuckung mit gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure und Milchsäure zu veranlassen?"[1] . . . . „Ich glaube also nicht, daß ich einen Widerspruch erfahre, wenn ich die lebendige Materie als nicht bloß erstaunlich zersetzbar, sondern als sich immerfort zersetzend ansehe. Ich spreche eigentlich nur eine Tatsache aus, da es kein Mittel in der Welt gibt, diese Zersetzung aufzuhalten, so daß wir sie als eine notwendige Eigenschaft der lebendigen Materie ansehen müssen, die in ihrer molekularen Anordnung den letzten Grund hat. So wenig es möglich ist, die Blausäure zu zwingen, sich nicht zu zersetzen, ebensowenig ist lebendige Substanz denkbar, ohne fortlaufende Zersetzung. . . . Ein Weizenkorn, ein gelegtes Vogelei, ein eingetrocknetes Rädertierchen sind nicht lebendig, sondern nur fähig, durch Zufuhr von Wärme und Wasser lebendig zu werden".[1] . . Die zwingende Folge dieser Hypothese war der Verzicht auf das Molekül im eigentlichen Sinne überhaupt. „Demnach würde ich sagen, daß das erste Eiweiß, welches entstand, sogleich lebendige Materie war, begabt mit der Eigenschaft, in allen seinen Radikalen mit großer Kraft und Vorliebe besonders gleichartige Bestandteile anzuziehen, um sie dem Molekül

[1] l. c. Seite 311.

chemisch einzufügen und so in infinitum zu wachsen. Nach dieser Vorstellung braucht also das lebendige Eiweiß gar kein konstantes Molekulargewicht zu haben, weil es eben ein in fortwährender, nie endender Bildung begriffenes und sich wieder zersetzendes, ungeheures Molekül ist, das sich wahrscheinlich zu den gewöhnlichen chemischen Molekülen wie die Sonne gegen ein kleinstes Meteor verhält."[1]

Diese Hypothese findet gewisse Schwierigkeiten, wenn sie die Arteigenheit des Stoffes und die daran hängende Arteigenheit der Form erklären soll. Denken wir den Vergleich mit der Sonne und den kleinsten Meteoriten zu Ende. Ein in die Sonne stürzender Meteorit wird die Beschaffenheit dieses Gestirnes nicht merklich verändern; ebensowenig wird die Ausschleuderung eines Meteoriten etwas zu bedeuten haben. Wenn wir nun die Sonne mit einem lebenden Riesenmoleküle vergleichen, das beständig zerfällt und beständig aufgebaut wird, so könnte die Sonne stofflich insofern dasselbe bleiben, als nichts von außen hineinstürzt und nichts weggeschleudert wird, so daß zwar alles in beständiger chemischer Umwälzung begriffen ist, aber doch immer die gleichen Prozesse wiederkehren. Die Individualität der Sonne besteht dann nicht in bestimmten chemischen Konstitutionen, sondern in bestimmten chemischen Prozessen, die in einer anderen Sonne wiederum anders verlaufen, wenn diese aus anderen Stoffen bestehen könnte. Nun kommt aber bei der Fortsetzung des Vergleiches die Ernährungs- und Ausscheidungsfrage. Um die Sonne zu ernähren, müßten in einem Jahre weit mehr Meteoriten hineinstürzen und weit mehr ausgeschleudert werden, als das ganze Sonnengewicht aus-

[1] l. c. Seite 342.

macht. Da würde denn doch die Sonne nach einem Jahre aus einem wesentlich anderen Stoffe bestehen und ihre stoffliche Identität verloren haben. Das sich selbst erhaltende lebende Riesenmolekül müßte nach kurzer Zeit nur mehr aus den Atomen der Nahrungsstoffe gebaut sein. Freilich sind diese Atome in andere chemische Verbindungen aufgenommen und dadurch der Charakter des Riesenmoleküles im allgemeinen erhalten worden. Es ist aber doch mehr Sache der Glaubenswilligkeit als der Beweisbarkeit, daß sich bei dieser Regenerationsweise ohne einen festen, lenkenden Assimilator die chemische Arteigenheit in jenem hohen Grade zu erhalten vermöge, die durch die große Formenbeständigkeit innerhalb eines bestimmt umschriebenen Variationsfeldes wahrscheinlich gemacht wird. Nehmen wir ein Beispiel aus den noch unbelebten Amidierungen, und zwar ein von Pflüger zitiertes. Glykokoll $CO_2H \cdot CH_2 \cdot NH \ldots H$ und Anissäure = Methylparaoxybenzoësäure $CH_3 \cdot O \cdot C_6H_4 \cdot CO \ldots OH$ geben Wasser und Anisursäure: $CO_2 \cdot H \cdot CH_2 \cdot NH \cdot CO \cdot C_6H_4 \cdot O \cdot CH_3$. Dieser Prozeß ist eine Amidierung, weil immer das Hydroxyl im Carboxyl der Benzoësäure auf ein H des Ammoniakrestes wirkt. Das Prinzip der Synthese amidartiger Stoffe wurde von Kekulé durch die Gleichung ausgedrückt: m Moleküle Säure + n Moleküle NH_3 — o Moleküle H_2O = amidartiges Molekül. Vergleichen wir nun die Anissäure mit der Nahrung, so wird das sich selbst höher aufbauende Glykokoll durch den Aufbau konsumiert. Woher kommt neues Glykokoll, um die Amidierung zu wiederholen? Es kann höchstens vom Zerfalle herstammen. Es liegt nun eine Schwierigkeit darinnen, das Aufgebaute in dieselben Komponenten wieder zerfallen zu lassen, aus denen es soeben gebildet wurde. Ich nenne dies

ausdrücklich nur eine Schwierigkeit, keine Unmöglichkeit.

Eine besondere Brauchbarkeit besitzt die Hypothese für den Fall, daß man die Polymerisation mit der Assimilation durch einen relativ haltbaren Assimilator kombinieren wollte. Eine Summe von verschiedenen Assimilatormolekülen von relativ haltbarer chemischer Konstitution verbürgt die stoffliche Arteigenheit.

Die Assimilate können sich untereinander polymerisieren, ohne eines vorher gegebenen Polymerisators zu bedürfen. Denken wir uns, der Assimilator wäre ein in die Fläche gebautes großes Molekül. So gut nun zwei kleine Moleküle der Konstitution AB aneinander krystallisieren, weil das Atom B im ersten Moleküle von dem Atome A′ im zweiten festgehalten wird, so gut kann auch das Atom B im ersten Moleküle von einem Atome A″ in einem lebenden Riesenmoleküle festgehalten werden. Daß an A″ nicht ein einziges Atom B″ sondern Tausende von Atomen hängen, ist für das Verhältnis von B zu A″ gleichgültig. Wenn in dieser Weise aus vielen kleinen Molekülen mosaikartig ein großes Molekül zusammengestellt ist, so können die kleinen Moleküle sich unmittelbar zu einem großen vereinigen.[1] Das flächenhafte Molekül kann sich durch Apposition kleinerer an sich verdoppeln. Es kann aber auf diese Weise niemals ein solider Körper sein, weil die Apposition nur an der Oberfläche möglich ist. Wenn nun die Assimilate sich untereinander nach der Assimilation von selbst polymerisieren, so kann sich Fläche an Fläche (physische Fläche) parallel lagern, und eine Riesenfibrille entstehen, deren Querschnitt der Molekülgröße

[1] Die Bedingungen sind auf Seite 162 ff. dargestellt.

des ursprünglichen Assimilators entspricht. Die Assimilatoren haben sich mit dem durch Polymerisierung zu einem einzigen Moleküle vereinigt. Jedes Molekül in dieser Fibrille war dann zuerst einmal ein Assimilat, dann einmal ein Assimilator, dann für die ganze übrige Zeit ein Molekülteil. In dieser Weise könnte die nach meiner Meinung für die psychophysiche Hypothetik unentbehrliche Fibrillenauffassung gewahrt werden.

e) Technische Denkrichtung und Begriffsbildung.

Wir können chemische Prozesse unterscheiden, die in der freien, leblosen Natur ohne menschliches Zutun vor sich gehen, und andere, die in den Laboratorien und Fabriken ausgeführt werden, in der freien Natur aber entweder ganz fehlen oder nur selten vorkommen. Das gelbe Blutlaugensalz bildet sich gewiß nicht auf unnatürlichem Wege, wenn es fabriksmäßig dargestellt wird, aber es sind doch immerhin die Bedingungen durch den menschlichen Eingriff planmäßig und künstlich zusammengetragen. Derlei Prozesse bilden die Gruppe des Technochemismus. Die Atome und ihre Bewegungsgesetze sind dieselben wie in der freien Natur. Ferner gibt es Prozesse, die nur innerhalb der lebenden Körper, bis jetzt wenigstens, vorkommen und als Biochemismus bezeichnet werden. Durch diesen Ausdruck wird noch nicht gesagt, daß diese Prozesse durch die überall geltenden Bewegungsgesetze allein erklärt werden können, und daß nur die Konstellation der Moleküle sehr kompliziert und ein großer Glücksfall sei. Es wird auch andrerseits nicht gesagt, daß hier eine Mitwirkung übergeordneter, lenkender Kräfte

angenommen werden müsse. Biochemismus ist ein unverfänglicher Ausdruck, dessen sich Vitalisten und Mechanisten zu bedienen pflegen. Der Ausdruck betrifft nicht die Produkte, sondern den Prozeß, der zu den Produkten führt, und auch diesen nur so lange, als er nicht durch gleiche Mittel nachgemacht werden kann. Die Herstellung der Zuckerart Formose aus Formaldehyd durch O. Loew (1885) war nicht Biochemismus, sondern Technochemismus, weil die Natur nicht mit dem giftigen Formaldehyd und der Kalkmilch arbeitet. Die Umwandlung von Stärke in Zucker durch anhaltendes Kochen mit verdünnter Schwefelsäure ist Technochemismus, denn die Natur bedient sich nicht der kochenden, verdünnten Schwefelsäure. Die Verwandlung von Zucker in Stärke in entstärkten grünen Blättern ist Biochemismus. Ein Molekül, das in einem lebenden Naturkörper auf physiologischem Wege geworden ist, kann man durch das Leben erzeugt oder biogon nennen, dieses Molekül mag nun selbst leben oder nicht. In diesem Sinne ist die ausgeatmete Kohlensäure biogon, die Kohlensäure aus gebranntem Kalke aber nicht. Die Unterscheidung dieser Chemismen ist wichtig, weil manche Hypothesen bewußt oder unbewußt nur mit technochemischen Vorstellungen arbeiten. Die Hypothesen beeinflussen wiederum die Begriffsbildungen.

Alle technochemischen Hypothesen der Kohlensäurespaltung, die bisher aufgestellt wurden, haben versagt. Rochleder (1854) dachte an einen technochemischen Aufbau der Kohlenhydrate aus Säuren, weil Berthelot die Ameisensäure hergestellt hatte. Kohlenoxyd CO und Ätzkali KOH geben bei 100° C. Kaliumformiat. Man stellte sich recht anthropomorph vor, daß es der Natur leichter falle, dem Kohlensäuremoleküle nur die Hälfte des Sauerstoffes wegzu-

nehmen, und daß das Kohlendioxyd sich die Hälfte leichter wegnehmen lasse als das Ganze. Habe man nur einmal die Ameisensäure CO_2H_2 oder ein Formiat, so werde es der natürlichen Fabrik hoffentlich leichter gelingen, bis zur Stärke weiter zu bauen. Diese Hypothese mußte aufgegeben werden, weil die Säuren schon in kleinsten Mengen das Chlorophyll zerstören, und weil die ausgeschiedene Sauerstoffmenge doppelt so groß ist, nämlich der vollen Spaltung der Kohlensäure entspricht, wie Boussingault 1864 zeigte. Boussingault selbst dachte an eine Addition der sechs abgespaltenen Kohlenstoffatome mit ebenso vielen Wassermolekülen zu Zucker: $6\,CO_2 + 6\,H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$. Da er aber kein Vorbild in der Technochemie aufzeigen konnte, so befriedigte er niemand. Er hätte den Prozeß biochemisch auffassen sollen als eine direkte Eiweißproduktion, aus der erst indirekt die Stärke als ein Nebenprodukt hervorgeht. Damit hätte er in die einseitig technochemische Denkweise eine Anregung zur anderen Richtung hineingebracht. Baeyer (1870) dachte sich, das Chlorophyll zerlege die Kohlensäure nicht ganz, sondern reduziere sie nur auf CO. Wenn gleichzeitig mit je einem Molekül CO_2 ein Wassermolekül H_2O zu Wasserstoff reduziert wird, so kann die Pflanze die experimentell bekannte Menge Sauerstoff ausscheiden und gleichzeitig Formaldehyd bilden:

$$CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2.$$

Allerdings ist Formaldehyd ein Gift, aber aus diesem Gifte läßt sich durch Einwirkung von Alkalien ein zuckerähnlicher Körper, das Methylenitan gewinnen, und denselben Körper hatte Butlerow schon 1863 aus Trioxymethylen mit Kalkwasser dargestellt. O. Loew gewann 1886 eine echte Zuckerart, Formose, aus Formaldehyd durch Einwirkung von Kalkhydrat.

Die technochemische Denkweise läßt sich von ihrem Fabrikvorbilde nicht abbringen. Dabei ist es möglich, daß das Chlorophyll überhaupt kein assimilatorischer Mitarbeiter im Sinne eines chemischen Reagens ist, sondern nur eine Verbindung, die Licht in Wärme verwandelt und sozusagen als Heizer wirkt.

---

f) Die komplementären Lichter und der Assimilationsbegriff.

E. Hering wurde durch das Studium des Lichtsinnes[1] dahin geführt, zwischen den komplementären Lichtempfindungen und der Assimilation der lebenden Substanz einen Zusammenhang zu konstruieren. Gelbes und blaues Licht heben sich in der Mischung auf; ebenso purpurrotes und grünes. Dies weist darauf hin, daß die zusammengehörigen Farbenpaare durch Prozesse bedingt sind, die einander aufheben. Helmholtz hatte dreierlei photophysikalische Reizungen ohne Chemismus angenommen; drei Elemente für Rot, Grün und Violett. Die Entdeckung der totalen Farbenblindheit[2] machte diese Annahme unhaltbar. Mit der Unempfindlichkeit für Rot, Grün und Violett hätte auch die Empfindlichkeit für das kombinierte Weiß aufhören müssen. Nun gibt es offenbar zwei Wege, Gegenprozesse zu konstruieren. Die Gegenprozesse können innerhalb der lebenden

[1] Zur Lehre vom Lichtsinn. Wiener Sitzungsberichte 1873; 2. unveränderter Abdruck, Wien, Gerold's Sohn, 1878.

[2] Becker, Archiv für Ophthalmologie. B. XXV, II. Abteilung, 1879, Seite 205.

E. Hering, Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben, Lotos, Jahrbuch d. Naturw. Neue Folge, 1. Bd., 1880.

nervösen Materie liegen oder aber außerhalb ihrer. Bleiben wir innerhalb der nervösen Materie, so haben wir den Gegensatz des chemischen Aufbaues und des chemischen Zerfalles. Das Leben existiert so lange, als sich die beiden Gegenprozesse das Gleichgewicht halten. Der Selbstaufbau der lebenden Materie wird nun von Hering die Assimilation genannt (eigentlich ist damit nicht die Selbstvermehrung gegebener Moleküle, sondern die Regeneration chemischer Prozesse gemeint); die Selbstzersetzung heißt Dissimilation. Wirkt ein Reiz auf die lebende Materie ein, so kommt zur Selbstzersetzung oder zur „autonomen" Dissimilation die durch den Reiz verstärkte oder „allonome" Dissimilation hinzu. Die lebende Materie, zu deren Wesen es gehört, der Dissimilation durch eine Assimilation (Regeneration) das Gleichgewicht zu halten, steigert jetzt ihre autonome Assimilation durch einen allonomen Zuwachs. Hört der dissimilierende Reiz, der so und so empfunden wird, plötzlich auf, so ist die lebende Materie durch die gesteigert gewesene Assimilation plötzlich übernährt. Daraus erklären sich die komplementären Nachempfindungen. Gegenfarben wie Gelb und Blau heißen nun so, weil sie an dieselbe Stoffgruppe gebunden sind. Die eine Farbenempfindung entspricht dem dissimilatorischen, die andere dem assimilatorischen Aste des Lebensvorganges. Daher fehlt das Empfindungsvermögen für Gelb immer zugleich mit dem Empfindungsvermögen für Blau, und das Empfindungsvermögen für Rot immer zugleich mit dem Empfindungsvermögen für Grün. Die kleinen Abweichungen der Befunde von den Anforderungen der Hypothese, die in der Literatur angeführt werden, lassen sich leicht durch sekundäre Hypothesen aufklären. Was aber der Hypothese eine unüberwindliche Schwierig-

keit bereitet, das ist das Verhältnis der Gegenempfindungen Schwarz und Weiß. Diese zwei Empfindungen heben sich nicht auf. Sie vereinigen sich binokular stereoskopisch zu Stanniolglanz. Monokular kann man sie nicht auf die Mischbarkeit hin prüfen, weil schwarze Sektoren auf einer rotierenden Scheibe nur das weiße Licht der weißen Sektoren verdünnen, aber nicht Schwarzempfindung mit Weißempfindung mischen. An der Mischbarkeit der Gegenempfindungen Schwarz und Weiß zu Stanniolglanz scheitert die Stützung des Assimilationsbegriffes im Sinne beständigen Auf- und Abbaues. Dazu kommt, daß sich Schwarz auch mit Mattgelb stereoskopisch zu Goldglanz mischt, und überhaupt jeder matten Farbe durch binokular stereoskopische Beimischung Glanz verleiht. Dies weist darauf hin, daß nicht Aufhebungen, sondern addierende Mischungen stattfinden. Es ist aus den Tatsachen der Lichtempfindung heraus nicht notwendig, denjenigen Molekülen der lebenden Substanz, die noch nicht dem Stoffwechsel verfallen sind, die relative chemische Haltbarkeit abzusprechen. Es besteht nur eine psychologische Verlockung, der man nachgeben kann, wenn man will, die Tatsache der komplementären Lichter mit dem Assimilationsbegriffe in Verbindung zu bringen.

Ich habe vor Jahren versucht und den Versuch neuerdings vervollständigt[1], den anderen Weg zu gehen, den ich früher erwähnte. Die Lichtempfindung kann darauf beruhen, daß das perzipierende Element direkt die Lichtstöße als farbloses Licht empfindet. Es können hier Lichtabsorptionen stattfinden, die gewisse Moleküle zur Vergrößerung der Schwin-

[1] A. Stöhr, Grundfragen der psychophysiologischen Optik, Wien 1904.

gungsweiten anregen, ohne daß eine chemische Zersetzung stattfände. Wenn wir hier vier Molekülarten mit vier verschiedenen Eigenschwingungszahlen haben, oder auch nur vier verschiedene Schwingungsaxen desselben Moleküles, so ist die ganze Sache erklärlich, ohne daß die Assimilationsfrage berührt werden müßte. Wenn einer Eigenschwingungszahl Purpurempfindung entspricht, einer anderen Gelb, einer anderen Blau, und einer vierten Schwarz, so haben wir die Komponenten zur Erklärung des Farbensehens. Nach dem Prinzipe der Fluorescenz wird jedes beliebige Licht nur die Eigenschwingungen dieser Moleküle des Sehnerven verstärken. Da keine dieser Schwingungszahlen vor der anderen bevorzugt ist, so wird immer nur, wenn sonst nichts hinzutritt, farbloses Licht oder nichts gesehen. Nun können aber außerdem Stoffe sezerniert werden, die nicht mehr leben, und aus denen sich nach Art des Chlorophylles sogenannte Sehstoffe entwickeln, die im schwächeren Lichte entstehen und im stärkeren zerfallen. Ich benötige nun vier solche Sehstoffe, entsprechend den vier Eigenschwingungszahlen im Sehnerven: einen für Purpur, einen für Gelb, einen für Blau und einen für Schwarz. Jeder dieser Sehstoffe hat eine andere photochemische Zersetzungskurve, und jeder hat eine andere photochemische Bildungskurve. Diese Sehstoffmoleküle reizen nun nach meiner Ansicht die lebende Materie des Sehnerven nicht durch ihren chemischen Zerfall, sondern durch die dem Zerfalle vorausgehende und längere Zeit hindurch sich steigernde Molekülschwingung. Es findet nach meiner Ansicht nur eine Schwingungsresonanz des Sehnerven mit den Sehstoffmolekülen statt, wobei nur die leblosen Sehstoffmoleküle, nicht aber der Sehnerv zerstört werden. Nach Ab-

bruch der Beleuchtung schwingen jene Sehstoffmoleküle, die noch nicht zerstört wurden, einige Zeit nach. Jedes Sehstoffmolekül verstärkt nun durch Schwingungsresonanz nur die Eigenbewegung der gleichgestimmten Moleküle, beziehungsweise der gleichgestimmten Schwingungsaxen in den Molekülen. Dadurch kommt erst das Farbensehen nach meiner Meinung zustande. Wenn eine der vier Schwingungen im Sehnerven, z. B. die Gelbschwingung, einseitig verstärkt wird, so geht die farblose Lichtempfindung in gelbe Lichtempfindung über. Ein perzipierendes Element, das nicht von Sehstoffen umspült wird, wird demnach farbenblind sein, weil keine der komponenten Eigenschwingungen durch optische Resonanz in bevorzugender Weise verstärkt wird. In jeder Wellenlänge vollzieht sich nun die Zersetzung sämtlicher Sehstoffe. Überwiegt in einer Wellenlänge die Zersetzung des Stoffes für Gelb, so wird Gelb empfunden. Überwiegt Purpur und Gelb gleich stark über Blau und Schwarz, so wird Rot empfunden und so weiter. Die Zersetzungskurven haben untereinander ihre Schnittpunkte, und ihre Maxima alle zwischen dem roten Ende des Spektrums und Grün. Dasselbe Licht, das den Stoff für Gelb zerstört, baut in derselben Wellenlänge den Stoff für Blau auf und umgekehrt. Das heißt, es wird so wie beim Chlorophyll der Stoff zuerst gebildet und dann zerstört. Bei schwacher Beleuchtung überwiegt der Zuwachs durch Bildung über den Verlust durch Zerstörung; bei starker Beleuchtung kommt der Verlust durch Zerstörung mit dem Zuwachse durch Bildung ins Gleichgewicht. Die Wirkung ist nicht nur von der Intensität, sondern auch von der Wellenlänge abhängig. Die Zersetzungskurve für Schwarz ist in allen Wellenlängen des

Spektrums niedriger als die anderen Kurven. Daher gibt es im Spektrum kein Schwarz. Die Purpurkurve erreicht an dem einen Ende die Gelb-, an dem anderen die Blaukurve, überhöht sie aber nirgends. Daher gibt es im Spektrum kein Purpur. Die Schwarzkurve geht im Spektrum nicht spurlos unter. Das stereoskopische Experiment beweist, daß Schwarz mit glanzlosem Weiß Stanniolglanz gibt, und mit glanzlosem Gelb Goldglanz; mit glanzlosem Grün metallischen Grünglanz usf. Hier haben wir die Antwort; keine Hypothese, sondern eine Tatsache. Das Schwarz verleiht durch seine Beimischung den Glanz, den Lichtcharakter. Purpur, Gelb und Blau ohne Schwarz geben glanzloses Weiß; Purpur, Gelb und Blau mit Schwarz geben Stanniolglanz, beziehungsweise farbloses Licht. Sobald eine der Sekretionen pathologisch wird, entsteht partielle Farbenblindheit. Der Verlauf der Bildungskurven und dadurch auch der Zersetzungskurven verändert sich infolge des Materialzuwachses. Die Schnittpunkte der Kurven verschieben sich, und damit ändern sich auch die Farben im Spektrum. Ist die Sekretion allseitig übermäßig, so entsteht die eine Art, die hypertrophische, der totalen Farbenblindheit. Jede der Schwingungsweiten im Sehnerven werden bis an die Grenze der Schwingungsmöglichkeit verstärkt. Die über dieses Erfordernis hinaus erzeugten Sehstoffe werden für die Differenzierung der Farbenempfindung wirkungslos zersetzt. Alle Zersetzungskurven der Sehstoffe gehen höher, als es der Reizbarkeit der lebenden Materie entspricht. Es resultiert nur eine schmerzhafte Überempfindlichkeit gegen stärkeres Licht. Bleibt die Sekretion aus, so entsteht die totale Farbenblindheit atrophischer Richtung mit verkürztem Spektrum. Zwischen der hypertrophischen

und der atrophischen Farbenblindheit liegt die sogenannte trichromatische Normalsichtigkeit; zwischen dieser und dem einen Extreme die Rotblindheit, die sehr häufig eine Rotgrünblindheit ist, mit allen möglichen Übergängen, also nicht mit mathematisch starrer Rotgrünblindheit. Zwischen der Normalsichtigkeit und dem anderen Extreme liegt die Gelbblaublindheit mit allen möglichen Abstufungen, die aus der stetigen Kurvenverschiebung erklärlich ist. Der Rotblinde muß nicht den Sehstoff für Purpur verloren haben. Es genügt, daß die Kurve für Gelb bei der gesteigerten Sekretion, beziehungsweise bei dem geänderten Mischungsverhältnisse der sezernierten Stoffe im Spektrum von dem roten Ende bis Blau höher läuft als die Purpur- und als die Blaukurve. Die beiden letzten Kurven sind, verglichen mit den Purpur- und Blaukurven der Normalsichtigen, sogar wahrscheinlich höher. Die große Lichtempfindlichkeit weist darauf hin.

g) Kontraktilität und Assimilationsbegriff.

Die Muskelzuckung durch äußere Berührungsreize, durch den vom motorischen Nerven eingeleiteten Reiz oder durch den faradischen Strom scheint darauf hinzudeuten, daß hier lebende Zwischenglieder zwischen haltbareren Gliedern eines elementaren fadenförmigen Systemes plötzlich zerfallen und sich als lebende Zwischenglieder mit meßbar großer Geschwindigkeit selbst restaurieren. Insbesondere verlockt die rhythmische Herzbewegung zu einer spekulativen Verbindung dieser Tatsache mit der Assimilation und dem Selbstzerfall.

In dieser Weise erscheint die Kontraktilität als eine Äußerung der lebenden Materie und als eine

Stütze für den Begriffsinhalt der Assimilation. Diese Wechselwirkung der Auffassungen ist eine historische Tatsache. Anders steht es mit der Frage, ob diese direkte Verbindung der Kontraktilität mit der Selbstzersetzung und der Selbstreparierung wirklich notwendig war. Es gibt hier einige Schwierigkeiten.

Zunächst erweckt es schon ein Bedenken, daß diese zerfallenden Zwischenglieder auf den Reiz warten können sollen. Ein lebendes Stück Materie, das ein chemischer Wirbel sein soll, ist so schnell in chemischer Verwandlung begriffen, daß die Ankunft des Reizes gar nicht abgewartet werden kann. Es erfolgt auch die Selbstrestaurierung so schnell, daß die Kontraktion nicht eintritt, weil die Zwischenglieder in dem Augenblicke, wo sie zerfallen, immer schon wieder da sind. In dieser Hinsicht leisten unbelebte Zwischenglieder, die nur vom Organismus erzeugt oder biogon sind, einen weit besseren Dienst.

Denken wir uns ein Zwischenglied aus homogenen, unbelebten, biogonen Molekülen. Die molekulare Anziehung sei so schwach, daß eine geringe Erschütterung ausreiche, um die Moleküle auseinander zu werfen. An die Stelle des weichen Aggregates tritt eine Lösung. Die haltbareren, vielleicht sogar lebenden Glieder des elementaren fadenförmigen Systemes rücken zusammen, und drängen die Flüssigkeit zum größten Teile zur Seite. Dadurch wird eine Kontraktion mechanisch möglich, und zwar durch die molekulare Anziehung der Glieder des elementaren, fadenförmigen Systemes. In der darauf folgenden Ruhezeit stellt sich die weiche Aggregation wieder her, denn die molekulare Anziehung ist eben noch stark genug, bei Abwesenheit einer Erschütterung die Moleküle zur Aggregation zu führen. Da beide Vor-

stellungen zu den Tatsachen stimmen, so liegt keine Nötigung vor, den Begriffsinhalt der Assimilation mit der Kontraktilität in die genannte Verbindung zu setzen. Nach der zweiten Vorstellungsweise ist der Zerfall der Zwischenglieder überhaupt kein chemischer, sondern ein physikalischer Vorgang.

Mit der Kontraktion ist immer ein gesteigerter Stoffwechsel verbunden. Hier haben wir wiederum die Frage, ob der Stoffwechsel der lebenden Zwischenglieder selbst die Ursache der Kontraktion sei, oder ob nur der Stoffwechsel der Umgebung des elementaren kontraktilen Systemes, und zwar der nächsten Umgebung innerhalb derselben Zelle durch die Erschütterung infolge der Kontraktion angeregt werde. Auch hier ist keine Nötigung gegeben, Assimilation und Kontraktion direkt zu verbinden. Der lebhafte Stoffwechsel kann sogar auf die nicht mehr belebten, zerfallenden Moleküle außerhalb des elementaren Fadensystemes eingeschränkt bleiben. Die Produkte dieses Zerfalles können die Reaggregation der zerfallenen Zwischenglieder erschweren. Die Ermüdungsstoffe und die Ermüdungserscheinungen lassen sich so und anders erklären.

W. Engelmann nimmt umkehrbare Quellungen an, um die Muskelkontraktion zu erklären. Auch diese Annahme setzt nicht notwendig die Lebendigkeit der quellbaren Substanz voraus.

Verworn ist der Ansicht[1], daß zwischen den Amöbenbewegungen, den Flimmerbewegungen und der Muskelkontraktion kein prinzipieller Unterschied bestehe. Diese Ansicht hat viel für sich, denn es steht nichts im Wege, die Struktur der Muskelfaser unter

[1] Allgemeine Physiologie, 4. Auflage. Jena 1903, Seite 55.

die Grenze der Sichtbarkeit hinab zu verkleinern und als einen Zellinhaltskörper anzusehen. Das eigentliche Begriffsproblem wird durch die Zusammenfassung ähnlicher Tatsachen nicht berührt, sondern nur verallgemeinert.

Man kann sogar noch weiter gehen, und die Reizleitung in den Nerven mit der Kontraktion der Muskel übereinstimmen lassen. Denken wir uns in der elementaren Fibrillenstruktur einer Nervenleitung solche unbelebte, leicht zerfallende und in der Ruhe zur Reaggregation befähigte weiche Aggregate als Zwischenglieder, so kann eine leichte Berührung, eine Lichtreizung usw. schon hinreichen, einen unsichtbar kurzen Stoß durch die ganze Länge der Leitung fortzupflanzen. Sind die labilen Aggregate in die Zwischenräume eines Moleküles von Riesenlänge so eingelagert, daß sie nirgends bei Seite gedrängt werden, so erfolgt auch keine Kontraktion, sondern nur eine Reizung der nervösen lebenden Materie in der ganzen Länge der Leitung an allen Punkten rasch nacheinander.

---

h) Die drei Typen der modernen Assimilationsbegriffe.

Mit der Entdeckung der Zelle wurde auch der Gegenstand ein anderer, von dem die Assimilation auszusagen war.

Aristoteles bezieht noch die Assimilation auf den gesamten Körper als solchen. Das Leben in diesem Sinne bedeutet nur die Selbststeuerung zwischen Zunahme, αὔξησις, und Abnahme, φθίσις. Wird das Gleichgewicht erhalten, so lebt der Körper fort. Über-

wiegt die Zunahme, so wächst er; überwiegt die Abnahme, so schwindet er.

Mit der Entdeckung der Zelle wird die Eigenschaft des Assimilierens immer deutlicher direkt von der Zelle und nur mehr indirekt vom ganzen Körper ausgesagt. Das assimilatorische Leben erscheint als die Resultierende des Lebens der Zellen. Für Aristoteles war noch der Körper als Ganzes eine viva statua. Damit hängt es zusammen, daß im modernen Denken nicht nur die Assimilation und das Wachstum direkt verbunden sind, sondern mit beiden auch die automatische Teilung in zwei organisatorisch, beziehungsweise molekularkonstitutionell, gleiche Teile. Auch für Aristoteles teilte sich der Organismus automatisch in zwei Teile, wenn die reife Frucht vom Baume fiel. Diese Teilung hatte aber nur eine entfernte Ähnlichkeit mit einer Zellteilung. Diese Zellteilung ist eine Verdoppelung der Zellenzahl, während die vom Baume fallende Frucht weder eine Verdoppelung des Baumes noch eine Verdoppelung der Frucht war. Der moderne Begriff der Assimilation enthält nicht mehr wie bei Aristoteles die Vergrößerung, sondern die Vermehrung einer gegebenen Gestalt. Dadurch ist viel vereinfacht worden. Die Vermehrung eines Gebildes durch Selbstteilung in zwei gleiche Teile enthält bezüglich der Vererbung nichts Rätselhaftes mehr. Rätselhaft ist nur die Assimilation, die jene Verdoppelung herbeiführt, worauf eine Selbstteilung in Gleiches erst möglich ist. Hingegen hatte Aristoteles das Problem vor sich, wie das Vergrößerte nun vom Neuen ein Zweites hervorzubringen vermöge, das ihm ähnlich ist. Diese Teilung in zwei gleiche Teile konnte von der Zelle nicht mit Genauigkeit ausgesagt werden. Zwei Tochterzellen sind gegeneinander fast nie gleich

und häufig sehr ungleich, wenigstens der Anlage nach. Man war daher gezwungen, diese genaue Teilung in Gleiches von Dingen auszusagen, die weit kleiner als Zellkern, Zelleib und Zellhaut sind, unter der Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit liegen und nur hypothetisch konstruiert werden können.

Die Hypothesen der Gegenwart lassen sich auf drei Typen zurückführen: auf die assimilierende Elementarstruktur einer Gruppe aus heterogenen Molekülen; auf assimilierende Moleküle ohne Elementarstruktur, und auf chemische Reaktionenketten ohne Moleküle von relativer Haltbarkeit.

Wir finden auch Assimilationshypothesen ohne nähere Begriffsbestimmungen der Assimilation. Hierher gehören zum Beispiele die „physiological units" von H. Spencer[1] (1864): unsichtbar kleine Gebilde aus heterogenen Molekülen. Wir erfahren nichts näheres über die Assimilationsvorstellung, weil diese kleinen Einheiten nur retrospektiv konstruiert sind, um die Vererbung erworbener Formeneigenschaften zu erklären. Dazu genügt es, daß überhaupt assimiliert werde. Das Wie der Selbstvermehrung ist gleichgültig. Ebenso dienen nur der Erklärung der Vererbungstatsachen die Pangene von H. de Vries[2] und die Biophoren Weismanns.[3] Von diesen Hypothesen wird im Kapitel über charakterisierte Selbstformung (S. 198) die Rede sein.

Als erster Typus sei die assimilierende Elementarstruktur genannt, die aus heterogenen Molekülen bestimmt organisiert ist. Diesem Typus entsprechen

---

[1] Principles of biology.

[2] Intracellulare Pangenesis, Jena 1889.

[3] Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung, Jena 1892.

die Plasome, die von J. Wiesner[1] begrifflich geformt wurden. Die Plasome sind die letzten, unsichtbar kleinen Lebenseinheiten. Es ist eine Tatsache, daß alle sichtbaren lebenden Gebilde innerhalb der Zelle aus gleichnamigen Gebilden durch Wachstum und Selbstteilung hervorgehen. Der Kern teilt sich als Ganzes, innerhalb des Kernes teilen sich die Chromosomen, die Chlorophyllkörper teilen sich, die Zeutrosomen teilen sich, alles Lebende vermehrt sich durch Wachstum und durch Teilung in Gleiches. Nichts entsteht von selbst aus einer Lösung. Alles Wachsende muß sich den Zuwachs durch Assimilation selbst verschaffen. Blicken wir auf das Unbelebte, so finden wir, daß die Moleküle der uns bekannt gewordenen Substanzen weder assimilieren, noch durch Assimilation wachsen, noch sich durch Selbstteilung des Größergewordenen hinsichtlich der ursprünglichen Molekülzahl vermehren. Wir finden auch, daß solche Moleküle aus Lösungen zu festen Aggregaten vereinigt werden; daß sie von neuem entstehen, und zwar aus anderen Molekülen, ohne daß eine assimilierende Anfangsmenge der gleichen Substanz in fester oder weicher Form vorher gegeben werden müßte. Wir finden in dieser Beziehung eine Kluft zwischen dem Unbelebten und dem Belebten. Es ist nun klar, schließt Wiesner, daß irgendwo eine Grenze sein muß, wo das Leben beginnt. Derjenige kleinste Körper, der zum erstenmale in der Stufenfolge der Organisationen die Lebenseigenschaft der Assimilation besitzt, heißt eben Plasom, und dieses Plasom muß existieren. Die isolierten Atome eines Plasomes sind selbst noch nicht lebendig. Das Leben kann erst von

[1] „Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz", Wien 1892.

der elementarsten Organisation ausgesagt werden, in welche diese Atome aufgenommen sind. Ebenso sind die Moleküle nach Wiesner noch nicht lebendig, sondern erst die Organisation, zu der sie zusammengebracht sind.

Das Plasom hat nach Wiesner eine elementare Struktur und eine elementare Organisation, die durch äußere Einflüsse, auch durch benachbarte Plasome modifiziert, aber nicht wesentlich umgestaltet wird. Das Plasom erleidet bestimmte Veränderungen; es verliert unter Umständen seine Verdoppelungsfähigkeit, aber eine geringere Menge verschiedener Plasomenarten verharrt im teilungsfähigen Zustande und bildet das Keimplasma. Diese Organisation des Plasomes stellt sich gegenwärtig so wenig durch Molekularanziehung zwischen heterogenen Molekülen von selbst her, als ein Uhrwerk von selbst entstehen könnte, auch wenn die Bestandteile vollzählig und zusammenstimmend, aber nicht zusammengefügt Jahrmillionen nebeneinanderlägen.

Die Frage nach der prähistorischen Entstehung der Plasome wird durch Wiesner aus dem Problemenkreise der eigentlichen Naturwissenschaft ausgeschaltet. Die Brücke von der unbelebten zur belebten Materie wird nicht abgebrochen, aber ihre Beschreitung der spekulativen Hypothetik überlassen. Daher entfällt die Frage nach der Urzeugung. Die Herkunft der lebenden Materie soll nach Wiesner so wenig ein Problem der Biologie sein, als die Herkunft der unbelebten Materie ein Problem der Physik und der Chemie ist.

Die Plasomenlehre enthält zwei offengelassene Fragen. Hat die Struktur des Plasomes einen mechanischen Zusammenhang mit der Struktur der Zelle?

Ich meine, ist die divergente Differenzierung der Zellen gegeneinander, durch eine mechanische Wechselwirkung zwischen den Plasomen hinreichend geregelt, oder erfolgt die Verteilung ungleicher Plasome auf die zwei neuen Kerne, auf die Wände der zwei neuen Zellen, auf die zwei Cytoplasmen durch ein übergeordnetes, lenkendes Prinzip, so daß jedes Plasom an jene Stelle gelangt, wo es benötigt wird? Zweitens, besteht ein Zusammenhang zwischen der Organisation und der Struktur des Plasomes mit dem Stoffwechsel? Die letztere Frage spielt in den Assimilationsbegriff hinein.

Zu einer Struktur gehören unbedingt relativ haltbare Moleküle, die sich zu einem weichen oder auch festen Aggregate bestimmter Form zusammenschließen, und nur langsam oder auch gar nicht (Keimplasma) chemisch verändern. Moleküle, die nur als Glieder von Reaktionsketten ein flüchtiges Dasein im chemischen Wirbel haben, können nicht zu einer Struktur vereinigt sein, und auf Grund der Struktur eine elementare Organisation besitzen, indem mit der Struktur reagiert wird oder an ihr etwas geschieht. Ich schließe daraus, daß für das Plasom die Existenz chemisch relativ haltbarer Moleküle in ihm charakteristisch ist. Es soll damit gesagt sein, daß nicht alle Moleküle in beständiger Veränderung, in beständigem Auf- und Abbau begriffen sind, sondern nur ein Teil der Moleküle des Plasomes, und zwar nur jene, die nicht zum Plasomengerüste gehören, sondern diesem Gerüste eingelagert sind. Nun folgt die weitere Frage, an welche dieser zwei Molekülklassen der Stoffwechsel und durch den Stoffwechsel die Assimilation = Selbstverdoppelung gebunden sein soll. Wenn wirklich der Assimilator (die assimilierende Anfangsmenge vieler,

heterogener Moleküle) und das schließlich auftretende Assimilat nur Glieder einer Reaktionenkette sind, dann geht die Assimilation nur von jener Molekülklasse aus, die nicht in eine Struktur organisiert, sondern nur der Struktur eingelagert sind. Die Anordnung der Moleküle im Raume ist für diese Klasse gleichgültig. Es handelt sich nur darum, daß keines der Moleküle fehlt, von dem eine erforderliche Reaktionenkette ausgeht. Eine Mehrheit von heterogenen Molekülen wird dann notwendig sein, wenn die verschiedenen Reaktionenketten zusammenspielen müssen, also wenn dem einzelnen Moleküle die Fähigkeit der Selbstverdoppelung, allein genommen, fehlt. Die Leistung der Assimilation wird dann darin bestehen, daß am Ende des Zusammenspieles der Reaktionenketten die Anfangsmenge der heterogenen Moleküle, die in das Gerüste eingelagert waren, verdoppelt, beziehungsweise vervielfältigt ist, und dadurch auch das Plasomengerüste in allen Teilen so verlängert werde, daß eine Teilung in Gleiches erfolgen kann.

Als der Kern der Assimilation läßt sich dann, wenn man aus der Plasomenlehre die Schlüsse ziehen darf, die Annahme gewinnen, daß als Anfangsmenge eine Mehrzahl heterogener Moleküle notwendig ist, von denen Reaktionenketten ausgehen, die zusammenspielen müssen, um eine doppelt oder n-fach so große Menge heterogener Moleküle von der Art der Anfangsmenge zu erzeugen. Wäre dieses Zusammenspiel nicht in den Begriff aufgenommen, so wäre eben nicht dieses Plasom selbst die erste assimilierende Einheit, sondern jedes der im Plasomengerüste eingelagerten Moleküle. Bei der großen Vorsicht, mit der der Plasomenbegriff konstruiert ist, ist hier zu betonen, daß dieses Zusammenspiel nicht behauptet und nicht

abgelehnt wird, sondern daß nur der Platz für alle Möglichkeiten offengelassen werden soll. Es wäre daher nicht ausgeschlossen, daß sich auch einzelne Molekülarten im Plasome finden, die nicht mit den Reaktionen der anderen zusammenspielen müssen, aber doch zur Vollständigkeit des Plasomes gehören, in dem sie z. B. am Gerüste weiter bauen.

Zum zweiten Typus der assimilierenden Einheiten möchte ich jene Konstruktion zählen, die ich selbst vor mehreren Jahren entwickelt habe.[1] Es ist möglich, von einer Vereinigung heterogener Moleküle zu einer elementaren Struktur abzusehen, und die Assimilation dem einzelnen Moleküle der lebenden Materie zuzuschreiben. Nicht so, als ob die assimilierenden und in diesem Sinne lebenden Moleküle sich nicht durch molekulare Anziehung zu Strukturen vereinigten, sondern nur so, daß diese Selbstformung eine spätere Sache für sich bildet, die zur Assimilation noch nicht notwendig ist, und die sich vielmehr erst auf die Assimilation-Selbstvermehrung aufbaut. Man kann ein lebendes Molekül als ein vorübergehendes Glied in der Reaktionenkette des Stoffwechsels auffassen, wenn man will. Man kann aber auch das lebende Molekül außerhalb des Stoffwechsels stellen; man kann es vom Stoffwechsel unbelebter und nicht mehr belebter Moleküle bloß umspült sein lassen, so daß es dem umgebenden Stoffwechsel nur das entnimmt, was es braucht. Der Stoffwechsel selbst muß dann von Diffisoren besorgt werden. Unter den lebenden Molekülen kann es viele Oxydatoren geben, die die Sauerstoffübertragung neben ihrer Selbstvermehrung und nicht durch diese ausführen. Ebenso kann es viele lebende Diffisoren geben, die für sich selbst

[1] A. Stöhr, Letzte Lebenseinheiten, Wien 1897.

und für andere lebende Moleküle die Spaltarbeit leisten. Es sind auch viele kleine Moleküle in der grünen Pflanze assimilierbar, die vielleicht gar keines vorbereitenden Stoffwechsels bedürfen.

Ich habe, von diesem möglichen, wenn auch nicht allein berechtigten Standpunkte ausblickend, vor längerer Zeit[1] den Versuch gemacht, die Kohlensäurespaltung durch die grüne Pflanze als eine direkte Eiweißproduktion vorstellbar zu machen, die nebenbei auch Kohlehydrate produziert, beziehungsweise in den meisten Arten produziert.

Man denke sich ein Riesenmolekül, das der Abatmung widersteht, und daher der Selbstrestaurierung nicht bedarf, und vorzugsweise in die Fläche entwickelt ist; oder auch eine parallele Schichtung solcher flächenhafter Moleküle durch Polymerisierung zu einem soliden Körper, von dem nur die Oberfläche für die Assimilation in Betracht kommt. Dieses in die Fläche entwickelte Molekül sei nicht etwa ein Stärke- oder ein Chlorophyll-, sondern ein Eiweißmolekül, im Chlorophyllkörper eingebettet. Das Chlorophyll habe nur den Zweck, Wärme zu erzeugen, und auf bestimmte Stellen in der Zelle zu konzentrieren, ohne eine allgemeine gleich verteilte Erwärmung notwendig zu machen. In die Fläche dieses Riesenmoleküles werden wir viele C, N, H und O-Atome einzutragen haben. Meine Annahme bestand nun darin, daß sehr kleine Moleküle wie CO_2 und H_2O, die an dem Riesenmoleküle vorbeikommen, nach Art der Kristallisation hier festgehalten werden. Sowie das Kochsalz kristallisiert, indem sich Chlor an Natrium und nicht Chlor an Chlor anschließt:

Na—Cl
Cl—Na,

[1] a. a. O.

so wird sich auch hier senkrecht auf die Fläche des Riesenmoleküles das kleine Kohlensäuremolekül über einem Kohlenstoffatome nicht so aufstellen, daß sich Kohlenstoff an Kohlenstoff, sondern Sauerstoff an Kohlenstoff anschließt,

```
          C
         / \
        O   O
----- C ----- Ebene des Riesenmoleküles.
```

Ebenso wird sich Wasser über Sauerstoff und über Wasserstoff aufzustellen vermögen:

```
  H   H                                        O
   \ /                                        / \
    O                                        H   H
----H—H ---- Ebene des Riesenmoleküles -- O ----
```

Ebenso wird sich ein stickstoffhaltiges kleines Molekül, zum Beispiele Ammoniak, anzugliedern vermögen:

```
           N
          |||
           H
------ N ---- Ebene des Riesenmoleküles.
```

Die Angliederung erfolgt nach Art der Kristallisation durch einen Überschuß chemischer Affinität, der nicht mehr ausreicht, die Molekülverbände zu sprengen, aber immer noch hinreicht, die Moleküle mit jenen ihrer Atome aneinanderzuhalten, die die größte chemische Affinität zueinander haben. Ein Kohlensäuremolekül würde sich in dieser Weise auch an das andere Kohlensäuremolekül anschließen. Diese kleinen Moleküle sind aber gegeneinander zu schnell beweglich. Sie haben bei der Annäherung zu wenig Gravifikation, um sich gegenseitig festzuhalten. Wenn aber ein kleines Molekül gegen ein Riesenmolekül trifft, so wird es von dem Riesenmoleküle festgehalten. Es geht mit den Dingen auf der Erdoberfläche ebenso

zu. Zwei fallende Bleikugeln ziehen sich während des Falles nicht merklich an. Die Erde aber hält beide fest. Es fällt nicht nur die Bleikugel zur Erde, sondern auch die Erde der Bleikugel entgegen, wenn diese aus dem Weltall herbeikäme. Die Bewegung der Erde ist nur so gut wie null, aber nicht mathematisch null. Ebenso wird man die Anziehung kleiner Moleküle gegeneinander nicht auffinden, während dieselben Moleküle von einem riesenhaft großen festgehalten werden können. Es ist nur die Größe des Moleküles, und die von ihm ausgehende Gravifikation, mit der ich rechne. Wahrscheinlich bedecken sich große Moleküle beständig an ihrer Oberfläche mit kleinen Molekülen, was die kleinen nie tun. Wahrscheinlich kann man deshalb die großen Moleküle niemals daran verhindern zu leben.

Nun nehmen wir aus dieser Oberfläche des Riesenmoleküles einen kleinen Bezirk zur Betrachtung heraus, um zu sehen, was die Apposition dieser kleinen Moleküle zu leisten vermöge. In diesem Ausschnitte befänden sich zum Beispiele zwei Kohlenstoffringe.

Diese Ringe sind kein selbständiges Molekül, sondern nur eine Atomengruppe aus einem riesigen Biomoleküle und hängen mit zwei Valenzen, die durch punktierte Linien angedeutet sind, im Biomoleküle.

Jedes Kohlenstoffatom wird schließlich von einem senkrecht darauf gestellten Kohlensäuremolekül gedeckt sein. Wie früher gezeigt wurde, haben wir uns jetzt noch zwei Ebenen parallel zur Ebene dieses Papieres zu denken. In der Zwischenebene befindet sich nur Sauerstoff. In der obersten Ebene befindet sich nur Kohlenstoff, und zwar so angeordnet, daß die Atome in ihrer Gruppierung die genaue Kopie der Konstellation des Kohlenstoffes in der untersten oder assimilatorischen Ebene sind. Zwei Kohlensäuremoleküle halten sich bei gewöhnlichem Drucke und gewöhnlicher Temperatur nicht fest. Sie tun dies aber bei genügendem Drucke, so daß flüssige Kohlensäure entsteht. Was hier der Druck leistet, das leistet dort die ungeheure Größe des Biomoleküles. Ebenso können wir uns vorstellen, daß jedes Wasserstoff-Atomenpaar ein Wassermolekül festhalte. In der mittleren Ebene werden die Sauerstoffatome sein, und in der obersten Ebene die Wasserstoffatome. Umgekehrt werden die Sauerstoffatome im Riesenmoleküle ebenfalls Wassermoleküle festhalten. Hier werden sich die Wasserstoffatome in der mittleren Ebene befinden und die Sauerstoffatome in der obersten.

Sind sämtliche Atome des Doppelringes durch kleine, senkrecht aufgestellte Moleküle gedeckt, so haben wir also drei parallele Ebenen zu unterscheiden. In der Ebene des Papieres finden sich nach wie vor die beiden Kohlenstoffringe, die chemisch stabil sind und in keinen Stoffwechsel einbezogen wurden. In der mittleren Ebene haben wir nur Sauerstoff- und Wasserstoffatome, die in dieser Ebene gesehen genau zu $6\,O_2$ und $10\,H_2O$ zusammenpassen, ohne ihre Stellen in dieser Ebene verschieben zu müssen. In der obersten Ebene haben wir genau die Kopie der

Figur in der ersten Ebene. Die Atome ergeben, in dieser Ebene gelesen, das Kohlehydratmolekül $2(C_6H_{10}O_5)$. Lesen wir von der ersten Ebene von jedem Atome senkrecht hinab zur untersten dritten, so sehen wir nur Kohlensäure- und Wassermoleküle. Wir haben hier den sonderbaren, nur biochemisch denkbaren Fall, daß ohne die geringste Atomenumlagerung, ohne die geringste Kohlensäurespaltung, ein und dasselbe Atom, und zwar jedes in der obersten Ebene zugleich und widerspruchslos einem Kohlehydratmoleküle $2(C_6H_{10}O_5)$ und senkrecht auf diese Ebene einem Wasser-, beziehungsweise Kohlensäuremoleküle angehört. Wir sehen ferner, daß in der mittleren Ebene jedes Atom zugleich einem Kohlensäure-, beziehungsweise Wassermoleküle angehört, wenn man in der senkrechten Richtung schaut, und innerhalb der mittleren Ebene selbst einem Sauerstoff-, beziehungsweise einem anderen Wassermoleküle, als dasjenige ist, was herankam. Diese merkwürdige Anordnung nenne ich die chemische Amphibolie. Durch eine geringe Erschütterung, durch Lichtstöße, durch Erwärmung mit Hilfe des Licht absorbierenden Chlorophylls oder durch andere ähnliche Ursachen können diese Ebenen auseinanderfallen, und wir erhalten das wieder vom Belage frei gewordene Riesenmolekül, ein Kohlehydrat $2(C_6H_{10}O_5)$, Wasser und Sauerstoff. Den Sauerstoff erhalten wir genau in jener Menge, die der Messung von Boussingault entspricht, nämlich $12\ CO_2$ geben $12\ O_2$. Wiederholt sich dieser Vorgang über derselben Stelle des Biomoleküles, so haben wir nach dem zweiten Zerfall der Ebenen zwei Kohlehydratmoleküle $2 \times 2(C_6H_{10}O_5)$. Da jeder Doppelring durch zwei Kohlenstoffvalenzen zusammengehalten wird, so ist je eine Valenz von jedem Ringe entbehrlich. Mit diesen verfügbaren

Valenzen können sich die zwei Erzeugnisse zu einem einzigen Moleküle 4 ($C_6H_{10}O_5$) verbinden. Es können sich auch sechs, acht und mehr Ringe aneinanderschließen, wie das nebenstehende Schema zeigt. In dem ersten Doppelringe wird je eine Valenz zur Bindung der zwei Ringe in der Ebene des Doppelringes verwendet. Die zweite Valenzlinie wird senkrecht genommen. Daran schließt sich in einer Ebene parallel zur ersten ein zweiter Ring, daran ein dritter usf., bis in der letzten Ebene die Valenzen zur Schließung eines letzten Doppelringes verwendet werden. Die Formel entspricht also den Anforderungen der Molekülformel der Granulose, welche mindestens das Vierfache von $C_6H_{10}O_5$ sein soll. Die beliebige Zahl der zu bindenden Doppelringe ermöglicht die hypothetische Vorstellung des Überganges von Granulose in Zellulose und in Dextrin. Jedes Vielfache von 2 ($C_6H_{10}O_5$) ist ein selbständig mögliches Molekül. Die Einlagerung von Wassermolekülen kann zu Hilfe genommen werden. Die Zertrümmerung eines Doppelringes in zwei Ringe unter Zutritt eines Wassermoleküles erklärt den Übergang in Glukose. Der Ring als solcher vermittelt den Übergang zum Benzol. Die Sprengung eines Ringes vermittelt den Übergang in drei Moleküle Äthylalkohol.

```
Ring C—C Ring
     |   |
Ring C   C Ring
     |   |
Ring C   C Ring
     |   |
Ring C—C Ring
```

Mit dieser Stärkeproduktion hat sich nicht das ganze Biomolekül verdoppelt, sondern nur ein sehr kleiner Bezirk in ihm. Das Assimilat eines Molekülteiles ist so klein, daß es nicht selbst leben kann; es ist nur biogon. Solange die drei Ebenen nicht auseinandergefallen sind, kann auf das Kohlehydrat, das nur eine Verdoppelung einer kleinen Stelle im Biomoleküle darstellt, fort und fort hinaufassimiliert werden, bis ein Vielfaches des Kohlehydrates

$2(C_6H_{10}O_5)$, parallel geschichtet, sich wie eine reife Frucht vom Riesenmoleküle ablöst. Die Bedingung der Produktion war die, daß die Atome in der Zwischenebene sich restlos und ohne Umlagerung zu anderen Molekülen zusammenschließen können.

In dieser Weise ist das erste, selbst unbelebte Assimilat der grünen Pflanze von der hohen oder niederen Atomenzahl ganz unabhängig. Es kommt gar nicht in Betracht, ob auf die künstliche Herstellung dieses ersten Assimilates in einem Laboratorium mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit gehofft werden kann. Was in dem Biomoleküle wie in einer Matrize vorgebildet ist, dasselbe wird mit Leichtigkeit kopiert; alles andere ist nicht schwer, sondern unmöglich. Ist die Matrize nicht für Stärke, sondern für Öl eingestellt, so wird mit derselben Leichtigkeit Öl assimiliert. Die Entstehung der Matrize selbst kann nur auf Urzeugung beim Übergange aus dem atomisierten in den molekularisierten Weltzustand zurückgeführt werden.

Während sich diese eine kleine Stelle des Biomoleküles mit kleinen Molekülen wiederholt bedeckt hat, werden sich auch endlich alle anderen Atome des Riesenmoleküles mit je einem kleinen Moleküle bedeckt haben. Die Belegung des ganzen Biomoleküles geht langsamer vor sich, weil auch Stickstoffatome wahrscheinlich mit Ammoniakmolekülen zu bedecken sind, und die Stickstoffnahrung kostbarer und langsamer herbeizuschaffen ist als Kohlensäure und Wasser. Die geeigneten Stickstoffverbindungen werden vielleicht auch erst durch die Diffissormoleküle vorbereitet. Es wird daher immer erst auf viele Stärkemolekülproduktionen eine ganze Biomolekülverdoppelung oder eine Eiweißproduktion kommen

können. Sowie viele Kohlehydratmoleküle, parallel geschichtet, produziert werden können, bevor sie abgelöst werden, so können auch viele gleichnamige Biomoleküle parallel zueinander geschichtet bleiben. Dadurch geht der flächenhafte Bau des Biomoleküles, von dem wir des methodischen Denkens halber ausgingen, in das Körperhafte über. Durch parallele Schichtung nacheinander produzierter Biomoleküle können lange Fäden entstehen, die z. B. für psychophysische Hypothesen auf dem animalischen Gebiete ausgezeichnet verwendbar sind. Die Bedingung der Eiweißproduktion ist auch hier wiederum darin gelegen, daß in der Ebene zwischen zwei Eiweißassimilaten die Atome sich zu möglichen kleinen Molekülen restlos vereinigen, die leicht ausgeschieden werden können. Die Assimilation selbst bleibt immer auf die Oberfläche des Assimilators beschränkt.

Die animalische Assimilation geht vielleicht auf dieselbe Weise vor sich, nachdem die Nahrungsstoffe durch Diffissormoleküle bis in die kleinsten Verbindungen gespalten sind. Die Sauerstoffatome werden vielleicht nur deshalb nicht als Sauerstoffmoleküle ausgeschieden, weil sie in der Zwischenebene anders gruppiert sind. Sind aber die Atome in der Zwischenebene z. B. so gelagert:

$$\begin{array}{lllllll} (H\ \ H) & N & C & O & N & H_2 & \text{Assimilandenebene} \\ \diagdown\diagup & ||| & |||| & || & ||| & || & \\ \ \ O & H_3 & O_2 & H_2 & H_3 & O & \text{Zwischenebene} \\ (\cdot\ H) = & N\ - & (C & O) - & N = & H_2 & \text{Assimilatorebene,} \end{array}$$

so ergibt die Assimilandenebene Harnstoff (Karbamid), wenn jenes Wasserstoffatom, das dem Punkte in (·H) entspricht, Wasserstoff bleibt und nicht durch eine Atomengruppe ersetzt wird. Der Punkt in der Assimilatorebene bedeutet die Stelle eines Wasserstoffatomes, das durch einen Atomenkomplex im großen

Assimilatormolekül vertreten ist. Wird aber auch in der Assimilandenebene ein Punkt gesetzt, der einen Atomenkomplex bedeutet, so geht die Deckung durch Kleinmoleküle analog diesem Ausschnitte über das ganze Assimilatormolekül, und wir erhalten die Verdoppelung des ganzen Biomoleküles. Wir sehen schon an diesem kleinen Ausschnitte, daß die Zwischenebene in jedem Falle $8H + 4O = 4H_2O$ oder nur Wasser ergibt ohne freien Sauerstoff. Nichtsdestoweniger wurde das Kohlensäuremolekül auch hier gespalten. Die Spaltung fällt nur nicht auf, weil der Sauerstoff nicht als Gas, sondern als Bestandteil des Wassers abgeschieden wird.

Es erübrigt noch auf den Vorteil hinzuweisen, den die Annahme einer soliden chemischen Konstitution der lebenden Moleküle mit sich bringt, wenn die Assimilationsfrage mit der Frage der Urzeugung in Verbindung gesetzt wird. Jedes Biomolekül gleicht dann einem Texte, der heute nicht mehr komponiert, sondern nur mehr vervielfältigt werden kann. Die Natur gleicht einem Buchdrucker und nicht einem Autor. Der Text ist ein Vermächtnis der Urzeugungsperiode, den wir vernichten aber nicht herstellen können. Im atomisierten Weltzustande war die Herstellung des Textes möglich, weil sich jedes Atom mit jedem gleich wahrscheinlich verbinden konnte. Lösen wir den Text einer Ballade in die Lettern auf, und bilden wir alle möglichen Permutationen aus allen Lettern, so werden wir viel Unsinn erhalten, darunter aber auch wieder unsere Ballade. Vernichten wir alles, was Unsinn ist, so bleibt die Ballade wieder übrig. Ein Autor darf sich dieser Methode nicht bedienen, obwohl das beste Resultat mit mathematischer Gewißheit herauskommt und nicht nur das beste, sondern auch alle guten und alle möglichen.

Vita brevis. Einer unendlichen Macht im unendlichen Raume ist diese Methode wohl angemessen.

Wenn auch solche naturphilosophische Spekulationen das Assimilationsproblem nicht lösen können, so erreichen sie doch den Zweck, die Lösungsmöglichkeit zu zeigen und uns die Befangenheit zu nehmen. Sie befreien uns von dem Banne der technochemischen Ideenassoziationen, die uns nicht den Baustil der Natur, sondern den Baustil der von Menschen gebauten und geleiteten Fabriken beständig vor Augen halten. Sie zeigen uns die Möglichkeit, daß ein Biomolekül chemisch solid konstituiert sein kann, und dennoch oder vielmehr infolge dessen die Verdoppelungsfähigkeit hat. Es ist dadurch die Vorstellung der Molekülregeneration und der reparierbaren Seitenabspaltung nicht zurückgewiesen, sondern nur für entbehrlich erklärt. Es wird gezeigt, daß es zwei verschiedene Wege gibt, die man nicht zugleich gehen kann, die aber zum selben Ziele führen. Solche Konstruktionen erreichen auch den Zweck, unsere Befangenheit zu nehmen, daß die Assimilation nur mit Hilfe einer Elementarstruktur möglich sei, die schon aus heterogenen Molekülen gebaut ist, von denen keines für sich genommen lebt, d. h. assimiliert. Diese Konstruktion ist immer durchführbar, denn jedes C-Atom kann durch ein O_2-C-Molekül gedeckt werden, jedes N-Atom durch H_3-N, jedes O-Atom durch H_2-O und je zwei benachbarte H-Atome durch O_2-H. Diese Konstruktion trennt auch den Stoffwechsel von der Assimilation. Der Stoffwechsel bereitet durch Diffissormoleküle jene kleinsten Assimilanden, insbesondere die stickstoffhaltigen vor, die dann erst das Material für die Assimilation abzugeben vermögen. Diese Konstruktion trennt auch die Assimilation von der Atmung. Eigene lebende Oxydatormoleküle

greifen den zugeführten Sauerstoff auf, indem sie sich selbst höher oxydieren, und den Sauerstoff sofort wieder weitergeben. Dieselben Oxydatormoleküle können sich während ihrer Sauerstoffübertragung selbst verdoppeln, ohne in ihrer Tätigkeit gehemmt zu werden. Der Sauerstoff wird möglicherweise gar nicht von den lebenden Oxydatoren auf andere lebende Moleküle übertragen, etwa damit diese nicht ersticken sollen, sondern zur Verbrennung giftiger, unbelebter Zerfallsprodukte verwendet, gegen die das Leben beständig verteidigt werden muß. Diese giftigen Produkte lassen sich wahrscheinlich deshalb nicht vermeiden, weil die anderen, die nicht giftigen Spaltungsprodukte Lebenserfordernisse sind. Die Kohlensäure muß dann ausgeschieden werden, weil sie dem Sauerstoffe den Platz wegnimmt, und dadurch die Verteidigung gegen die Vergiftung einstellt. Das heißt, wäre der Chemismus nicht so eingerichtet, daß die Kohlensäure ausgeschieden wird, so gäbe es keine Lebewesen.

Zur Konstruktion der Hypothese der chemischen Amphibolie hat mich das Wunder der vollständigen Kohlensäurespaltung veranlaßt. Gleichgültig, ob zunächst nur Stärke, oder zunächst Eiweiß gebildet wird, die Kohlensäure erfährt rasch eine vollständige Zerlegung. Diese Abspaltung des ganzen Sauerstoffes ist für die gewöhnlichen chemischen Reaktionswege ein Wunder. Also, schloß ich, wird hier von der Natur ein ungewöhnlicher Weg beschritten, der in der Mitte zwischen Kristallisation und Chemismus zum Ziele führt. Die Kohlensäure ist gegenüber den chemischen Mitteln die toteste und gesättigste unter allen Kohlenstoffverbindungen. Ich möchte recht gerne glauben, daß es keine letzten Lebenseinheiten als Dinge gibt, sondern statt ihrer chemische Wirbel, worin vielleicht tausend Molekülarten immer in der-

selben Abfolge wiederkehren, jede nur in einem flüchtigen Augenblicke, wenn dadurch nur für die Erklärung der Kohlensäurespaltung etwas geholfen wäre. Ich möchte auch gerne an jede beliebige Figur letzter Lebenseinheiten glauben, wenn nur irgendeine dieser elementaren Gestalten durch ihre Organisation die Kohlensäure auseinanderziehen könnte. Ich wäre bereit, mir die Entstehung der Organismen aus Cyanverbindungen einreden zu lassen, wenn ich dadurch die Kohlensäurespaltung begreifen könnte. Wenn mir jemand sagte, die Pflanze scheide den Sauerstoff deshalb aus, weil sie ihn nicht brauchen könne, so wollte ich mich nicht sträuben, das geistreich zu finden, wenn ich nur erführe, wie es die Pflanze anstellt, den brauchbaren Kohlenstoff und den unbrauchbaren Sauerstoff vorher auseinanderzubringen. Die Kohlensäure läßt sich in CO und Sauerstoff spalten; aber durch welche Mittel! Erst von 1300^0 aufwärts beginnen die Spuren, daß aus zwei Gasmolekülen CO_2 drei kleinere Gasmoleküle 2 CO und O_2 werden. Auch der Induktionsfunke und der elektrische Flammenbogen zerlegt die Kohlensäure in gleicher Weise. Hier wird aber nicht der Sauerstoff vom Kohlenstoffe gänzlich getrennt. Es sind nur Zustände geschaffen, in denen dreiatomige Gasmoleküle schon zu groß sind, und worin eine Verminderung der Atomenzahl im Molekül stattfinden muß. Gerade weil das Kohlenstoffatom von dem Sauerstoffe so lange als möglich festgehalten wird, zerfällt das dreiatomige Molekül nicht in Kohle und Sauerstoff. Übrigens läßt sich nicht einmal diese Reduktion zu CO auf die Pflanze übertragen; denn in Zuständen, wo nicht einmal mehr dreiatomige Moleküle bestehen können, kann es nicht die labilen Riesenmoleküle der lebenden Materie geben. Man kann dem Kohlendioxyd den Sauerstoff ganz ent-

reißen, indem man ihn an stärker Anziehendes bindet, aber nicht, indem man ihn durch Spaltung frei macht. So verbrennt bekanntlich glühendes Magnesium in Kohlensäure, wobei Kohle frei wird. Eine erhitzte Kaliumkugel überzieht sich in Kohlensäure mit schwarzem Kohlenstoff, wobei sie glühend wird. An glühende Kohle, an Wasserstoff in glühenden Röhren gibt Kohlensäure die Hälfte des Sauerstoffes ab. Erhitztes Natrium und Kohlensäure bilden Natriumoxalat $C_2O_4Na_2$. Hier wird der Sauerstoff überhaupt nicht weggenommen, sondern nur etwas hinzugegeben. Eine Zerlegung der Kohlensäure so, daß der Sauerstoff zur Hälfte oder zur Gänze frei wird, und so, daß die Bedingung der Zerlegung nicht zugleich das Leben zerstören, gibt es nicht.

Der Sinn der chemischen Amphibolie besteht eben darin, daß der Sauerstoff überhaupt nicht der Kohlensäure entrissen wird. Das Kohlenstoffatom wird in einen anderen Molekülverband gebracht, bevor es aus dem ersten gelöst wird. Es wird daher gar keine unmögliche Molekülspaltung angenommen, sondern nur die Spaltung einer amphibolischen Atomenlagerung in zwei eindeutige Moleküle. Diese Molekülbildung durch Apposition vieler kleiner Moleküle an ein großes ist nur in der freien Natur möglich. Theoretisch ließe sich jedes beliebige lebende Molekül aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak bauen, wenn der Mensch feine Pinzetten besäße, mit denen er diese kleinen Moleküle in der beschriebenen Anordnung so lange in bestimmter Orientierung halten könnte, bis in der einen Atomenebene alle Atome des gewünschten Moleküles zusammengebracht wären. In dem Augenblicke, wo das letzte Molekül hinzugehalten würde, wäre das Riesenmolekül fertig. Das kann eben nur biochemisch geschehen.

Zum dritten Typus des Assimilationsbegriffes zähle ich den Verzicht auf eine Elementarstruktur aus vielen heterogenen Molekülen, ferner den Verzicht auf assimilationsfähige Moleküle relativ haltbarer Struktur und die Annahme einer lebenden Materie, die derart beständig im Selbstaufbau und in der Selbstzersetzung begriffen ist, daß es eigentliche Moleküle von längerer Dauer nicht mehr gibt, weil jedes Molekül nur ein vorübergehendes Glied in einer Reaktionenkette ist. Zu diesem Typus zähle ich die Hypothesen von Pflüger, Wundt, Hering und B. Hatschek. Die Eigentümlichkeiten der ersten und der dritten wurden schon an früherer Stelle[1] besprochen. Die zweite und die vierte erfordern einen besonderen Bericht.

W. Wundt[2] nennt eine einfache, frei lebende oder auch in einem größeren organischen Zusammenhang als Bestandteil eingehende Zelle einen Elementarorganismus. Dieser Elementarorganismus kann als ein einziges Eiweißmolekül aufgefaßt werden, dessen komplexe Beschaffenheit aus der Größe und aus der mikroskopisch sichtbaren morphologischen Differenzierung in Kern, Kernteile und Protoplasmateile erschlossen werden darf. Von der chemischen Stabilität eines Elementarorganismus kann nach Wundt nur insoferne die Rede sein, als das Resultat von fortwährend stattfindenden Zersetzungs- und Verbindungsvorgängen, Organisierungen und Desorganisierungen während einer gewissen Zeit konstant bleibt. Gelangt die organisierende Seite der Vorgänge zum Übergewichte, so entsteht Wachstum und infolge des Wachstums Zeugung. Gelangt die desorganisierende

[1] Seite 136 (Pflüger) und Seite 145 (Hering).

[2] „Biologische Probleme“ in den Philosophischen Studien, Bd. V.

Seite zum Übergewichte, so tritt der Tod als das Ergebnis der Selbstzersetzung ein. Die einzelnen Atomgruppen des Riesenmoleküles sind nicht gleich intensiv an dem Aufbau und der Zersetzung beteiligt. Es sind drei Gruppen zu unterscheiden. Eine ist bei dem gewöhnlichen Stoffwechsel allein beteiligt; eine zweite Gruppe wird erst angegriffen, wenn das Gleichgewicht durch beginnenden Untergang oder durch eintretendes Wachstum gestört wird; eine dritte Gruppe zersetzt sich erst dann, wenn der Elementarorganismus entweder untergeht oder einer Spaltung anheimfällt, mit der eine neue Entwicklung eingeleitet wird. Das Wachstum läßt sich der Bildungsweise polymerer Verbindungen unterordnen. Das Wachstum hat eine Selbstspaltung zur Folge. Ist die Spaltung vollständig, so bleiben die Spaltungsprodukte selbständige Elementarorganismen: der Formenkreis der Protozoen wird nicht überschritten. Ist die Spaltung unvollständig, so geht der größte Teil der Masse in die Spaltungsprodukte über; ein kleiner Teil wird zerstört und als Exkretionsprodukte entfernt; ein anderer kleiner Teil wird zur Zwischensubstanz, wodurch eine gewaltige Menge von Elementarorganismen zum Metazoon zusammengehalten wird. Zwischen diesen Elementarorganismen befindet sich dann eine aus umgeformten Molekülen bestehende Gerüstsubstanz.

Der Hypothese von Hatschek[1] liegt der Assimilations- und Dissimilationsbegriff von Hering[2] zugrunde. Nach dieser Terminologie bedeutet Dissimilation die Abspaltung veränderter Atomgruppen,

---

[1] B. Hatschek, Hypothese der organischen Vererbung, Leipzig, Engelmann, 1905.

[2] Vgl. Seite 136 und Seite 145.

und Assimilation die Einverleibung von Atomgruppen in ein Riesenmolekül. Je mehr sich diese Bezeichnungsweise einbürgert, desto notwendiger wird es, für den alten Begriff der Molekülvermehrung, der Molekülverdoppelung einen anderen Namen zu gewinnen. Hatschek unterscheidet die Molekülvermehrung = Molekülgeneration von der Molekülselbsterhaltung gegen Abspaltungen = Molekülregeneration. Moleküle, die der Generation fähig sind, nennt er Generatüle; andere, die diese Fähigkeit nicht mehr besitzen, oder mindestens nicht mehr äußern, wohl aber sich noch immer nach Abspaltungen zu regenerieren vermögen, nennt er Ergatüle. „Es spalten zum Beispiele die Moleküle der kontraktilen Muskelsubstanz als Dissimilationsprodukte Kohlensäure und Wasser ab, die von dem Körper sodann durch Atmung entfernt werden, und mit dieser Veränderung ihrer chemischen Konstitution steht die Gestaltsveränderung und Arbeitsleistung des Muskels im Zusammenhang. Durch Wiederaufnahme von Atomgruppen, das ist Verbindung mit Assimilationsstoffen, kehrt das lebendige Ergatül zu seinem ursprünglichen Zustande zurück, es erfährt eine Regeneration oder Restitution seines Atombestandes. Zum Beispiele werden nach der Kontraktion die Moleküle der Muskelsubstanz durch Angliederung von Assimilationsstoffen, das ist von Kohlehydraten und dem zur Atmung dienenden Sauerstoff, regeneriert und zu einer neuerlichen Kontraktion befähigt.“[1]

Beide Arten von Molekülen nennt Hatschek lebendige oder Biomoleküle. Ursprünglich sind alle lebenden Moleküle Generatüle, das heißt sie werden durch das Generations- und Regenerationsvermögen

[1] a. a. O., Seite 6.

als lebend definiert. Ein Teil dieser Generatüle verliert später bei der Auswanderung aus dem Zellkern in den Zelleib das Generationsvermögen, behält aber das Regenerationsvermögen bei. Die Bedeutung der letzteren Biomoleküle für den Organismus liegt nicht in ihrer Vermehrung, sondern in der Arbeitsleistung durch Stoffwechsel, der entweder zu einer nützlichen Sekretbildung führt, oder zur Gewinnung eines Bestandteiles für das Körpergerüst, oder die nötige Wärme freimacht, bis die unbrauchbaren Endprodukte ausgeschieden werden. Wegen dieser Arbeitsleistung nennt Hatschek die nur-regenerativen Moleküle ergastische Biomoleküle = Ergatüle. Der Sinn dieser Annahmen für die Selbstformung des Organismus und für die Vererbung soll im zweitnächsten Kapitel über die Selbstformung des Lebenden entwickelt werden. Der Übergang des Generatüles in das Ergatül bedarf einer Bedingung, sonst würden alle Generatüle auch Generatüle bleiben, und dem Stoffwechsel jede Nahrung entzogen werden; oder aber, es würden alle Generatüle ausnahmslos in Ergatüle übergehen, wodurch das Leben zu Ende wäre, weil die Ergatüle keinen Nachschub hätten. Diese Bedingung findet Hatschek im Zellorte. Im Zellkerne herrschen wesentlich andere Verhältnisse als im Zelleibe, daher ist mit der Auswanderung eines Biomoleküles aus dem Zellkerne in den Zelleib eine Änderung seines chemischen Schicksales verbunden.

Charakteristisch für diese Hypothese ist die Auffassung der Assimilation[1] als eines Systemes chemisch divergenter Reaktionenketten, die auch von einem einzigen Biomoleküle ausgehen können. Nach Hat-

[1] In der alten Bedeutung = Selbstvermehrung.

schek lassen sich unsere Vorstellungen von kleinen, haltbaren, in ihren Umrissen so gut wie starren Molekülen auf die lebenden Riesenmoleküle nicht gut übertragen. Wenn in einem Riesenmoleküle eine kleine Atomengruppe substituiert wird, so ändert dies den Gesamtcharakter des Moleküles nur wenig, während die gleiche Atomengruppe in einem kleinen Moleküle vielleicht mehr als die Hälfte der Atomenzahl bedeutet. Außerdem erfährt das Riesenmolekül viel häufigere Umwandlungen. Das Biomolekül ist nur ein kurzdauerndes Glied in einer Reaktionenkette. Wenn das Biomolekül A in B verwandelt wird, dieses in C und sofort, und schließlich Z wieder in A verwandelt wird, so haben wir eine Reaktionenkette, die zum Kreise geschlossen ist. In dieser Geschlossenheit liegt nach Hatschek der Begriff des Lebens, denn die Geschlossenheit ist die Regeneration. Würde die Kette frei auslaufen, so wäre eben kein Leben da, sondern nur ein Stoffwechsel, der alsbald zu Ende sein müßte. Denken wir uns nun ferner, es würde in dieser Reaktionenkette irgendwo ein Zerfall eines Moleküles in zwei gleichnamige möglich sein, so würde aus A vielleicht zwei N werden, infolgedessen zwei Z und zwei neue A. Durch diese Molekülteilung im Reaktionenkreise kommt die Molekülgeneration zustande. Der Assimilator existiert nicht zugleich mit seinen Assimilaten, sondern vor ihnen. Auf diese Weise wird die sukzessive Veränderung des Zellencharakters im Laufe der Zellteilung und die schließliche Rückkehr zur Stufe der Keimzelle plausibel gemacht. Die Zellen sind überdies auch gleichzeitig verschieden oder „divergent differenziert". Auch dafür ist in der Reaktionenkette vorgesorgt. Irgendein Glied der Kette kann in zwei, gegeneinander ungleiche Moleküle aus-

einandergehen, und von jedem Gliede läuft eine andere Reaktionenkette ab. Wir erhalten ein System divergenter Reaktionenketten, und es genügt zur Regeneration, daß mindestens eine dieser Ketten im Kreise geschlossen ist.

Nach allen drei Typen des Assimilationsbegriffes ist in die Assimilation auch ein Teil des Vererbungsproblemes eingeschlossen. Jede Vererbung des Stoffes beruht schließlich darauf, daß eine gewisse Menge letzter Lebenseinheiten abgesondert wird und selbständig vom neuen einen Organismus bilden hilft. Die Vererbung des Stoffes erfolgt daher durch Teilung eines Gegebenen in gleichgeartete Teile. Die Vererbung als Problem wird dadurch überwunden. Ein groß gewordenes Plasom zerlegt sich in zwei gleichorganisierte. Der eine Teil ist nicht buchstäblich der Erbe des anderen, sondern eben nur der eine Teil. Ebensowenig beerbt eine im Kreise geschlossene Reaktionenkette die andere, sondern mehrere Biomoleküle sondern sich voneinander, und von jedem geht eine andere, wenn auch gleiche Reaktionenkette aus.

Nach allen drei Typen erklärt die Assimilation zunächst die Formenbeständigkeit, soweit diese auf einer Stoffbeständigkeit beruht. Nach allen drei Typen ist eine variierende Assimilation möglich. Wenn unter dem Einflusse anderer Lebensbedingungen andere Reagentien in die rhythmisch geschlossene Reaktionenkette eintreten, so wird im Typus des Biomoleküles von Hatschek irgendein Glied der Kette anders ausfallen. Es entstehe statt P ein P′, infolgedessen statt Z ein Z′, und statt eines neuen A ein neues A′. Damit ist die Reaktionenkette bleibend variiert, denn sie beginnt jetzt bis zum Eintritte eines neuen Eingriffes mit A′, gelangt vielleicht auch nach P′, vielleicht auch nach P″, und von da nach

Z', vielleicht auch nach Z'', bis endlich eine Abfolge gefunden ist, die sich wieder im Kreise schließt. Nach dem Plasomentypus und nach dem von mir konstruierten Typus ist eine solche direkte wesentliche Abänderung des Assimilators kaum denkbar, weil dieser vollständig das Assimilationsprodukt beherrscht, und bei unpassender Ernährung sich nicht ändert, sondern zugrunde geht, mindestens die Vermehrung einstellt. Hingegen ist bei diesen Typen etwas anderes möglich. Nach Hatschek gibt es für jede Spezies nur eine oder nur wenige arteigene Biomolekülarten, die als solche zu variieren haben. Hingegen sind die letzten Lebenseinheiten im Sinne der Plasome und im Sinne der von mir konstruierten Einheiten für dieselbe Spezies in größerer Plasomenartenzahl, bezw. Molekülartenzahl gegeben. Durch die geänderte Ernährung kann sich das Verhältnis der Assimilationsgeschwindigkeiten verändern. Dadurch verschiebt sich das Mengenverhältnis der Molekülarten, beziehungsweise Plasomenarten im Keimplasma. Diese Verschiebung ist so lange rückgängig zu machen, als noch keine der Plasomenarten, beziehungsweise Biomolekülarten abgezüchtet ist. Wird aber eine dieser Arten schlecht ernährt, hat eine dieser Arten eine zu kleine Assimilationsgeschwindigkeit, so muß sie durch die fortgesetzten Zellteilungen in der Keimbahn aus dem Keimplasma endlich verschwinden. Daraus lassen sich Veränderungen der Arten und Stammspaltungen erklären, ohne daß die Lebenseinheiten selbst variabel sein müßten. Dadurch läßt sich auch die ungeheure Formenbeständigkeit, die es neben der Formenveränderlichkeit gibt, besser verstehen.

Literatur.

Herbert Spencer, Principles of biology, 1864.

Charles Darwin, Variation of animals and plants under domestication, 1. Aufl., 1867, II. Band, 27. Kap.; insbesondere kommt die 2. modifizierte Auflage in Betracht.

— , Pangenesis, Nature III, Nr. 78 vom 27. April 1871.

Ewald Hering, Zur Lehre vom Lichtsinn, Wiener Sitzungsberichte 1873, 2. unveränderter Abdruck, Wien, Gerolds Sohn, 1878 (enthält den Ursprung der Begriffsbildungen, Assimilation und Dissimilation im Heringschen Sinne).

Louis Elsberg, Regeneration, or the preservation of organic molecules; a contribution to the doctrine of evolution. Proceed. Assoc. f. the advancement of science, Hartford Meeting, August 1874. — On the plastidule-hypothesis. Ebend., Buffalo-Meeting, August 1876.

Galton, A theory of heredity. Contemporary Review 1875.

E. Haeckel, Die Perigenesis der Plastidüle oder die Wellenerzeugung der Lebensteilchen, Berlin 1876.

Pflüger, Über die physiologische Verbrennung in den lebenden Organismen, Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere, X. Band, Seite 251 ff., 1877. Daraus insbesondere: § 6, Tatsachen und Hypothesen zu den hier in Frage kommenden Prinzipien, Seite 300 ff.

Claude Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie commune aux animaux et aux végétaux, 1879, 2 Bände.

K. Naegeli (Micellen- und Idioplasma-Hypothese), „Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre“, München und Leipzig 1884.

Wundt, W., „Biologische Probleme“ in den Philosophischen Studien, Bd. V, 1885.

H. de Vries, Intracellulare Pangenesis, Jena 1889.

Ewald Hering, „Zur Theorie der Vorgänge in der lebendigen Substanz“, Lotos, Jahrbuch für Naturwissenschaft, Neue Folge, Bd. IX, 1889.

Altmann, Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen, Leipzig 1890, 2. Auflage 1894. (Bioblastenhypothese.)

Weismann, Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung, Jena 1892.

J. Wiesner, Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz, Wien 1892.

B. Hatschek, Hypothese über das Wesen der Assimilation, Lotos, Jahrbuch für Naturwissenschaft, Neue Folge, Bd. 14, Seite 99ff., 1894.

Max Verworn, Die Biogenhypothese, eine kritisch-experimentelle Studie über die Vorgänge in der lebenden Substanz, 1903.

R. Neumeister, Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen, ein Beitrag zum Begriffe des Protoplasmas, 1903.

B. Hatschek, Hypothese der organischen Vererbung, Leipzig, Engelmann, 1905.



5. Leben im Sinne des passiven Geformtwerdens durch schon vorhandenes Leben.

Die belebte wie die unbelebte Materie haben beide die Fähigkeit der aktiven Selbstformung. Flüssigkeiten formen sich selbst zu Tropfen. Mineralsalze formen sich selbst zu Kristallen. Sonnensysteme formen sich selbst und haben dabei keine starre Form, sondern eine Innenbewegung, und eine Bewegung vom Platze. Unsere Erdoberfläche formt sich heute noch. Die lebenden Naturkörper sind nicht durch die aktive Selbstformung vor den leblosen ausgezeichnet, sondern dadurch, daß sie statt einer Form einen Formenkreislauf hervorbringen.

Die Selbstformung des Lebenden ist ein verhältnismäßig spät entstandener Begriff. Wir finden in der Antike und im Mittelalter bis in die Neuzeit hinein statt dessen den Begriff des passiven Geformtwerdens der belebten Naturkörper. Das heißt, die belebten Naturkörper haben nicht mehr Selbstformungsvermögen als die unbelebten Naturdinge. Was daran zur spezifischen Lebensgestaltung fehlt, das muß von einem schon früher vorhandenen Leben dazu gegeben werden.

Wir finden in der Antike drei Begriffe des Geformtwerdens durch bereits vorhandenes Leben: die

lebenden, organisierten Körper werden durch die noch nicht organisierte aber schon lebende Materie und aus ihr geformt (empedokleische Urzeugung); die lebenden organisierten Körper werden durch gleichorganisierte aus der Nahrung geformt und nach der Formung geboren (Gleichzeugung); wo die Organismen nicht lebend geboren werden, dort übernimmt die lebenspendende Sonne, das lebenspendende Regenwasser und die lebenspendende feuchte Erdwärme die Fortsetzung des mütterlichen Formungsgeschäftes, als ob sich die Urzeugung durch lebende Elemente an die Gleichzeugung anschlösse; endlich, die lebend genannten Körper sind überhaupt nie selbst lebend, sondern passiv „belebt"; ein lebloser Stoff wird durch eine ruhende Seinsmacht geformt (aristotelische Gestaltungspsyche oder πρώτη ἐντελέχεια). Das Leben hat den Stoff ergriffen, nicht der Stoff hat das Leben. Wird der Körper gegen die Formung und Bewegung zu widerspenstig, so sinkt er zum niedriger geformten unbelebten Dinge zusammen, weil ihn die gestaltende und bewegende Seinsmacht verläßt. Die Dreizahl dieser Begriffe entspricht der historischen Folge der erwachenden Interessen. Man sah zuerst die Probleme des Stoffes, dann erst die Probleme der Bewegung des einen Stoffteiles durch den anderen, und zuletzt erst die Probleme der Gestalt, zu der die Bewegungen hinzustreben scheinen.

Die antike Philosophie hatte überhaupt ein anderes Formungsproblem als die modern mechanistische Hypothetik. Wir stehen heute nicht mehr vor der Frage, ob ein ganzer Organismus sich aus Atomen selbst zu gestalten vermöge. Wir haben das Problem in eine Mehrzahl von Formungsproblemen zerlegt, wobei wir ein Problem an das andere anhängen.

Wir fragen nur mehr: kann sich ein gleichartiges Gewebe durch fortgesetzte Zellteilung bauen? Kann sich aus der Zellteilung eine Gewebedifferenzierung auf rein physikalisch-chemischem Wege ergeben oder nicht? Können sich erste, unsichtbar kleine Lebenseinheiten von selbst zu einer kernlosen Urzelle zusammenfinden oder ist dies undenkbar? Kann man sich glaubhaft vorstellen, daß eine Urzelle sich in Kern und Cytoplasma und Zellhaut differenziert habe? Wir haben eine Menge von solchen Einzelfragen. Die antiken und die mittelalterlichen Philosophen hatten die ungeteilte Frage der Gesamtformung einer viva statua durch einen einzigen Formungsakt. Da war es denn selbstverständlich, daß die Vorstellung des Empedokles von dem zufälligen Zusammentreffen der Köpfe und Arme später von Aristoteles als zu einfach abgelehnt werden mußte. Es war keine andere Erklärung als die durch den Psychismus möglich. Jede andere hätte dem menschlichen Verstande wenig Ehre gemacht. Die Auffassung des Organismus als einer lebendigen Statue mußte zur Lehre vom Statuen-Original führen.

Mit der Entdeckung, daß der Organismus der Vielzelligen ein System von Geweben sei, und das Gewebe ein System von Zellen, und die Zelle ein System aus Kern, Leib und Haut, und jeder dieser Teile wieder ein System aus unsichtbar kleinen Elementarbioten, jedenfalls mit den Folgen der Erfindung des Mikroskopes verändert sich der ganze Begriff des passiven Geformtwerdens des Lebens durch schon vorhandenes Leben auf höchster Organisationsstufe. Man beginnt den Gedanken zu pflegen, daß die höchste Organisation nicht wieder von einer höchsten, sondern vielleicht nur von den elementarsten Organisationen gebaut wird.

Das Formungsproblem wird wiederum in die stofflich-divergente Differenzierung und in die eigentliche Gestaltung zerlegt. Die stoffliche Ungleichheit zwischen zwei Zellen, in die sich eine gegebene Zelle geteilt hat, bildet ein Problem, dessen Lösung keine unüberwindlichen Schwierigkeiten entgegenstehen. Hingegen besteht heute noch das eigentliche Gestaltungsproblem in aller Schärfe fort. Es gibt heute noch keine Erklärung dafür, daß die divergenten Beschaffenheiten der Zellen sich im Raume gerade zu dieser und keiner anderen Gestalt ordnen; oder umgekehrt, daß die stofflichen Eigenschaften in die sich anordnenden Zellen richtig verteilt werden.

Eine merkwürdige Materialisierung der aristotelischen Gestaltungspsyche finden wir in der Idioplasma-Hypothese von K. Naegeli.[1] Das Idioplasma ist ein unsichtbar feines Netz, das den Organismus der Pflanze oder des Tieres durchziehen soll. Das Idioplasma ist aus kleinen Einheiten, aus sogenannten Micellen gebaut zu denken. Eine Micelle soll ein unsichtbar kleines, an sich allein genommen lebloses Kristalloid sein.[2] In einem Organismus soll es eine große Menge von Micellarten geben, entsprechend der Differenzierung des Organismus. Micelle derselben Art sind zu langen Micellfäden vereinigt. Aus einer assimilierenden Lösung fallen immer neue Micelle dieser Art heraus, die dann zwischen zwei Micelle eines schon bestehenden Fadens eingelagert werden. Das heißt, ein Micellfaden wächst nicht

[1] K. Naegeli, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, München und Leipzig 1884.

[2] Eine eingehende Darstellung des Ursprunges und der Entwicklung der Idioplasmahypothese findet sich bei Wiesner, Elementarstruktur, Seite 24—55.

durch Apposition, sondern durch Intussuszeption. Viele Micellfäden verschiedener Art lagern sich parallel, und ergeben dadurch einen idioplasmatischen Strang, dessen Querschnitt noch immer mikroskopisch unsichtbar ist, während seine Länge bereits eine sehr makroskopisch sichtbare Größe hätte, wenn der Querschnitt nicht zu dünn wäre.

Das Idioplasma mache nur einen sehr kleinen Teil des Plasmas aus. Das gesamte Plasma besteht aus flüssigem „Hygroplasma" und festem „Stereoplasma". Das Idioplasma ist nur ein kleiner Teil des Stereoplasmas. Was nicht Idioplasma ist, wird von Naegeli das Ernährungsplasma dieses Idioplasmas genannt. Die idioplasmatischen Stränge verzweigen sich und bilden ein Netz, in dessen Maschen sich das Ernährungsplasma befindet. Das Idioplasma setzt immer neue Abzweigungen an, so daß die Maschen des Netzes nicht ins Endlose weiter werden. Der idioplasmatische Faden wächst durch Intussuszeption, namentlich durch den Zug, den das zunehmende Ernährungsplasma in den Maschenräumen ausübt. Das Idioplasma assimiliert aber nicht, sondern das einzelne Micell fällt wie ein Kristalloid aus einer Lösung heraus.

Ein Micellfaden vermag sich aus einem beliebigen Gemenge von Micellen von selbst zu Fäden und Strängen zu aggregieren. Die jetzt existierenden Organismen werden nicht mehr darauf angewiesen sein, daß das Idioplasma in ihnen entstehe; es ist immer schon da.

Die Zusammensetzung der idioplasmatischen Stränge ist in jeder Art eine andere. Die Idioplasmen werden sich nicht nur durch die Qualität und die Mengenverhältnisse, sondern auch durch die feste Orientierung der Micellfäden im Strange, also auch

durch die Querschnittsfigur des Stranges voneinander unterscheiden.

Die Vererbung wird dadurch erklärt, daß die Querschnittsfigur konstant bleibt, weil ein Bruchteil des idioplasmatischen Netzes auf den Abkömmling übergeht. Eine Neubildung oder Nachbildung findet nicht statt. Das neue Leben wird nicht vom alten passiv geformt, sondern vom mitgegebenen Idioplasma. Bei zweielterlicher Vererbung soll sich entweder das väterliche Idioplasma in die Micellfäden auflösen, und diese in das nur gelockerte mütterliche Idioplasma eindringen, und dort mit den gleichnamigen Fäden verschmelzen, oder aber, die Idioplasmen bleiben selbständig, und vereinigen nur ihre formgebenden Kräfte auf die Gestaltung eines gemeinsamen Organismus. Indem sie ihre formgebenden Kräfte auch aufeinander spielen lassen müssen, verähnlichen sie sich allmählich.

Wie wirkt nun das Idioplasma auf den sinnenfälligen Organismus? Das Idioplasma ist nicht ein Stoff, der in den Organismus umgesetzt wird. Im Gegenteile, die Micellen fallen selbst aus dem Stoffwechsel nach Art der Kristalloide aus Lösungen heraus. Das Idioplasma ist der Baumeister, der das andere Plasma „auf dynamischem Wege" eigenartig gestaltet. Das Idioplasma ist ein unsichtbar feines Tier im Tiere, eine Pflanze in der Pflanze. Die Gestaltung des Organismus wird durch die ganz andere Gestaltung der Querschnittsfigur erklärt, ohne daß man erführe, wie dies mechanisch möglich ist. Die Kräfte, die vom Idioplasma ausgehen, sollen die gewöhnlichen physikalischen und chemischen Kräfte sein, daher heißt die gesamte Theorie mechanistisch. Der Zahl der eigenartigen Organismen entspricht eine ebenso große Zahl eigenartiger Querschnitte des Idio-

plasmastranges nach Qualität, Mengenverhältnis und Figur. Es wird also eine Gestalt durch die Abhängigkeit von einer anderen Gestalt erklärt, ohne daß die Mechanik der Abhängigkeit vorgeführt würde. Die lebende Gestalt wird passiv von ihrem in ihr wohnenden und von ihr ernährten Idioplasma geformt. Ich kann in der Idioplasma-Hypothese nichts anderes sehen als eine Materialisierung der aristotelischen Gestaltungspsyche. Wundt[1] sagte mit Recht, daß an die notwendige Annahme einer alle Zellen verbindenden Substanz von Naegeli vitalistische Vorstellungen geknüpft wurden, denen sich Wundt nicht anschließen könne. Naegeli selbst hielt seine Hypothese nicht für vitalistisch, sondern für mechanistisch.

[1] W. Wundt, Biologische Probleme, Phil. Studien V, Seite 348.



6. Leben im Sinne der charakterisierten Selbstformung durch chemisch divergente Differenzierung.

Wir können die Selbstformung eines Organismus in zwei Probleme zerlegen: in die sogenannte chemisch-divergente Differenzierung und in die bestimmte Anordnung der entstehenden Teile im Raume. Der Formenkreislauf eines Organismus ist zugleich auch ein Kreislauf chemisch divergenter Reaktionsketten. Beginnen wir mit dem chemischen Probleme.

Eine befruchtete Eizelle hat einen gewissen Komplex chemischer Beschaffenheiten. Diese Beschaffenheit ist schon nach der ersten Zellteilung nicht mehr für beide Zellen gleich. Im Vierzellenstadium hat sich die Beschaffenheit noch mehr verändert. Denken wir uns eine unverzweigte Fadenalge, etwa Spirogyra communis Kütz. Aus einer Zygospore erwuchs durch fortgesetzte Zellteilungen ein Zellenfaden. Die neuen vegetativen Zellen haben nicht mehr die chemische Beschaffenheit der Zygospore, die etwa der befruchteten Eizelle entspricht. Jede dieser vegetativen Zellen kann sich in eine geschlechtliche Zelle verwandeln. Wir finden zweierlei Zellfäden: solche mit zylindrischen und andere mit tonnenförmigen Zellen. Der Zellinhalt einer zylinderförmigen Zelle kann in

eine tonnenförmige Zelle einwandern, wenn zwei gegenüberliegende Zellen verschiedener Fäden vorher Fortsätze bis zur gegenseitigen Berührung getrieben haben und die Berührungswand sich auflöst. Die einwandernde Zelle heißt männlich, obwohl sie nicht die Form eines beweglichen, bewimperten Spermatozoides annimmt. Davon wird auch der ganze Faden männlich genannt. Die in der tonnenförmigen Zelle vereinigten zwei Inhalte sind dann wieder eine Zygospore, aus der abermals ein Zellfaden, ein männlicher oder aber ein weiblicher, entstehen kann. Wir müssen in diesem Beispiele mindestens drei chemische Stadien unterscheiden, die zu einem chemischen Kreislaufe geschlossen sind: Zygospore, vegetative Fadenzelle, geschlechtliche Zelle oder „Gamet". Diese Differenzierung ist chemisch sukzessiv.

Ebenso haben wir eine sukzessive Differenzierung, wenn wir die Entstehung einer Blattlaus aus einem parthenogenetischen Eie bis zur Wiederentstehung eines anderen parthenogenetischen Eies in eben dieser Blattlaus verfolgen.

Wenn die Parthenogenesen ewige Haltbarkeit besäßen, so würde eine sukzessive chemische Differenzierung für die einfachsten Organismen genügen. Diese einfachsten Organismen könnten höchstens Zellfäden, Zellflächen oder Zellklumpen sein, die ihre chemische Beschaffenheit verändern. Jede Zelle ist dann entweder selbst eine parthenogenetische Eizelle, oder auf dem Wege der Entfernung oder der wieder beginnenden Annäherung an eine solche. Sexuelle Differenzierungen, sogar die einfachste Form der Konjugation sind natürlich ausgeschlossen, denn eine Konjugation setzt voraus, daß es zwei Reihen sukzessiver Differenzierung gebe, die in der Konjugation zusammentreffen.

Sind zwei Tochterzellen gegenüber der Mutterzelle differenziert, aber untereinander gleich, so kann man von einer rein sukzessiven chemischen Differenzierung der Zellen oder einer qualitativ symmetrischen Zellteilung sprechen. Ein Organismus, der nur aus dieser Zellteilung hervorgeht, vermag zur selben Zeit ungleiche Zellen zu besitzen. Die zwanzigste Zellgeneration in einer Reihe langsamer Zellteilung kann mit der vierzigsten in einer Reihe großer Teilungsgeschwindigkeit in der Zeit zusammensein. Die verschiedene Geschwindigkeit gleichnamiger Zellteilungsfolgen ließe sich zur Not aus der Ernährung infolge der Lagenverschiedenheit erklären. Die Leistungsfähigkeit der rein sukzessiven Differenzierung ist jedoch für die Gestaltungsfähigkeit sehr beschränkt.

Sind zwei Tochterzellen nicht nur gegenüber der Mutterzelle, sondern auch gegeneinander differenziert, so ist die letztere Differenzierung simultan oder die Zellteilung qualitativ asymmetrisch. Diese Zellteilung kann man auch **chemisch divergent** nennen.

Die chemisch divergente Differenzierung ist mit der sukzessiven kombiniert, und kommt ohne diese nicht vor. Die chemisch divergente Differenzierung ist von der morphologischen zu unterscheiden. Zwei Tochterzellen können gleiche Gestalt haben, und dennoch schon stofflich differenziert sein. Der Unterschied in der Gestaltung kann sich in einer späteren Zellteilung zu zeigen beginnen.

Roux[1] trug von befruchteten Froscheiern (Rana fusca und Rana esculenta) nach dem Eintritte der ersten Furchung die eine Zelle durch eine heiße Nadel ab, oder verletzte sie sehr stark. Die unverletzt

[1] W. Roux, „Beiträge zur Entwicklungsmechanik des Embryo", in Virchows Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie, Band 114, 1888.

gebliebene Zelle entwickelte sich zu einem halben Embryo. Dieser entsprach entweder einem halben linken oder einem halben rechten Tiere, oder aber einer vorderen oder einer hinteren Hälfte. Die halben Embryonen regenerierten sich zu vollständigen Tieren. Nach Roux entspricht jede der ersten Furchungszellen nicht nur räumlich einem bestimmten Viertel des Embryo, sondern es ist auch imstande, dieses Viertel zu bilden. Diese Art der Embryobildung aus einzelnen, selbständig sich entwickelnden Stücken bezeichnet Roux als „Mosaikarbeit".

Die Anatomie zu Breslau erhielt 1888 einen weit entwickelten, schon dem Ausgetragensein nahen Kalbsfötus, der ein typisches Hemitherium anterius darstellte, indem die ganze hintere Rumpfhälfte wie quer abgeschnitten fehlte. Die Eingeweide waren von einer durchscheinenden Haut bedeckt, die vom Defektrande entsprang.[1]

Der mittlere Teil der schwarzen Hemisphäre des Froscheies liefert das Material für die Oberfläche des Bauches.[2]

Roux zeigte auch, „daß die Entscheidung über die Lage der Kopf- und Schwanzseite des Embryo im Ei normalerweise durch die Kopulation des Samenkernes und des Eikernes getroffen wird, indem diejenige Hälfte des Eies, welche der männliche Kern bei der Kopulation durchläuft, zur kaudalen Hälfte des Embryo wird, während aus der entgegengesetzten Eihälfte die cephale Hälfte des Embryo hervorgeht". Der direkte Kausalnexus war dadurch zu erkennen, daß es Roux „gelang, jedes Ei von einem beliebig

[1] Roux, a. a. O., Seite 135.

[2] Roux, a. a. O., Seite 116. Anatomischer Anzeiger 1888, Nr. 25: „Über die Lagerung des Materiales des Medullarrohres im gefurchten Froschei".

gewählten Meridian aus zu befruchten, und damit die kaudale Seite des Embryo beliebig im Ei zu bestimmen; während bei anderen Tieren, wo zwar auch die Befruchtungsseite des Eies mit einer bestimmten Seite des Embryo zusammenfällt, wo aber das Samentier an einer typischen Stelle in das Ei eindringt, ein solcher Schluß nicht mit Sicherheit gezogen, sondern höchstens in Form einer Vermutung geäußert werden kann".[1]

Driesch[2] erhielt aus Zellen, die er aus dem Zweizellenstadium eines Seeigeleies isolierte, nicht einen halben Pluteus, sondern einen ganzen, der nur halb so groß war wie ein gewöhnlicher. Daraus entstand scheinbar eine Schwierigkeit für die Mosaiktheorie. Nicht die divergente Differenzierung des Stoffes, sondern die Lagerung der Zellen schien für die Gestaltung maßgebend zu sein.

Es ist klar, daß die Mosaiktheorie den Lebensbegriff im Sinne dessen, was sich selbst stofflich differenziert, bedeutend einfacher gestaltet. Es ist nur die Frage, ob die größte Einfachheit auch in den scheinbar spröden Fällen aufrecht erhalten werden kann. Hier ist nun vorteilhaft, die Aggregationsfrage zu stellen. Sind die Bildungsstoffe gelöst, so sind sie in der Zelle durch Diffusion gleichmäßig verteilt. Eine Mosaikhypothese ist dann unmöglich. Eine Differenzierung kann nur nach der Zellteilung durch ungleiche Ernährung erfolgen, die ihrerseits von der Lagerung abhängt. Sind aber die Bildungsstoffe kleine weiche Aggregate, also kleine Körperchen, so können sie gleichmäßig und ungleichmäßig gemengt oder auch regelmäßig geschichtet sein. Jeden-

[1] Roux, a. a. O., Seite 116 und 117.

[2] Driesch, Entwicklungsmechanische Studien III, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1893.

falls ist eine bestimmt geordnete Verteilung im Raume denkbar. Es ist sogar denkbar, daß sich sämtliche Aggregate zu einem netzförmigen, das ganze Cytoplasma durchsetzenden größeren Aggregate zusammenschließen. Jetzt ist es möglich, daß eine neue Zellwand ein solches Aggregat chemisch ungleich teilt. Es erhellt aber auch daraus, daß eine Gleichteilung ebenso möglich ist. Es hängt lediglich davon ab, wie die Teilungsebene der Zelle (beziehungsweise die Axe der Kernspindel) zur Symmetrieebene der aggregierten Bildungsstoffe des Cytoplasmas orientiert ist. Einige Buchstaben genügen, um das Teilungsschema zu versinnlichen:

	a	a	
b	b	b	b
c	c	c	c
	d	d	

Der vertikale Strich entspricht der Teilung in zwei Ganzanlagen von halber gewöhnlicher Größe. Der horizontale Strich entspricht der Teilung in zwei Halbanlagen von gewöhnlicher Größe. Die Zellteilung bewirkt nicht die chemisch divergente Differenzierung; sie macht sie nur unwiderruflich, indem sie das Differenzierte endgültig gegeneinander abschließt. Riesenzellen mit vielen Kernen wie die Siphonaceen, zum Beispiele die Caulerpa-Arten, zeigen, wie weit die Differenzierung innerhalb einer Zelle gedeihen kann, ohne daß Zellwände angelegt werden müssen. Hier ist es schwierig, von einer Funktion der Lage zu reden. Diese Siphonaceen haben Blätter, Stengel und Wurzeln, und sind doch nur einzellige Algen, deren Organe daher den strengen Definitionen von Blatt, Stengel und Wurzel nicht entsprechen. Daß die Differenzierung des Zellinhaltes der Anlage der Teilungswände

vorauseilt, zeigen auch Beobachtungen von Roux am Froschei. „Bei vorübergehender Aufhebung der Entwicklung der operierten Furchungszelle wird sie später noch in Zellen zerlegt, aber nicht auf die normale Weise, d. h. sie wird nicht erst in 2, dann in 4, 8, 16 Zellen usf. geteilt; sondern, nachdem viele Kerne in ihr verteilt worden sind, zerlegt sie sich in viele Zellen zugleich, wonach dann eine verspätete, aber sehr rasch verlaufende, weitere Entwicklung sich anschließt, die die bisher fehlende Hälfte des Embryo produziert (Postgeneration). Ist die gestörte Hälfte gar nicht mehr verwendbar, so erfolgt gleichwohl, aber viel später als im vorigen Falle, eine Postgeneration der fehlenden Hälfte, und zwar jetzt rein innerhalb der anderen, zunächst auf normale Weise für sich zu einem halben Embryo entwickelten Eihälfte, und zwar unter Umdifferenzierung schon differenzierter Teile zu den neuen Teilen der zweiten Hälfte."[1]

Die Tatsachen der Umdifferenzierung, der Postgeneration, der Regeneration verlorener Teile, die Adventivknospen in den Randkerben eines Bryophyllum-Blattes, die sich zu ganzen Pflanzen entwickeln und vieles andere zeigt uns an, daß die Selbstdifferenzierung des Stoffes nicht immer so einfach vorzustellen sein wird, wie es bei der befruchteten Eizelle noch möglich ist, wo es keine ältere Differenzierung zu verdrängen gibt.

Es ist daher begreiflich, daß sich in neuerer Zeit viele Hypothesen herausgebildet haben, die den Begriff der stofflichen Selbstdifferenzierung auch unter den erschwerenden Verhältnissen anwendbar zu er-

[1] W. Roux, Über die Selbstregulierung der Lebewesen. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, XIII. Bd., 4. Heft, 1902.

halten bemüht sind. Dazu kommen die Probleme der Vererbung von Entwicklungsänderungen. Wie kommt es, daß eine erste Abweichung in der Art der Differenzierung sich in der nächsten Generation wiederholen kann?

Herbert Spencer[1] erklärte die divergente Differenzierung durch die Annahme letzter Lebenseinheiten, physiological units. Dies sollen unsichtbar kleine Gebilde sein, die aus Molekülen verschiedener Art aufgebaut sind. Diese Einheiten haben die Fähigkeit, sich selbst zu vermehren. Ein und derselbe Organismus hat physiologische Einheiten ungleichen Charakters. Verschiedene Organismen können neben den ungleichen auch gleiche Einheiten enthalten. Der großen Zahl von Tier- und Pflanzenarten steht eine weit kleinere Zahl von Lebenseinheitsarten gegenüber. Die Unterschiede im Bauplan scheinen größer zu sein als die Unterschiede im Baumaterial. In ähnlicher Weise steht eine große Körperzahl (Körper im chemischen Sinne genommen) einer kleinen Elementenzahl gegenüber. Die einzelne Zelle wird aus gleichen und ungleichen Einheiten gebaut sein. Bei einer qualitativ asymmetrischen Zellteilung wird zwischen die Tochterzellen nicht ein gleiches Mischungsverhältnis der Lebenseinheiten aufgeteilt werden. Eine geänderte Funktion des Organismus soll nun imstande sein, die Konstitution der letzten Lebenseinheiten abzuändern. Diese Einheiten fahren in der Vermehrung fort, und da die Vermehrung nur die Verdoppelung des Vorhandenen ist, so erhält sich das Veränderte in den nächsten Generationen, bis es wieder durch Funktionsveränderungen im Organismus weiterverändert wird. Wie diese Einwirkung des Ganzen auf die

[1] Principles of biology, 1864.

kleinsten Teile möglich sei, erfahren wir nicht. Ebensowenig erfahren wir etwas über die Ursache der asymmetrischen Verteilung der Bildungsstoffe in der Zelle, wodurch eine chemisch divergente Zellteilung allererst möglich wird. Die veränderte Lebensweise kann uns vielleicht die Veränderung der physiologischen Einheiten erklären, aber nicht deren ungleichmäßige Verteilung auf verschiedene Zellen. Zuerst muß eine Zellenungleichheit gegeben sein, dann kann sich eine Funktionsungleichheit daran anschließen.

Charles Darwin[1] stellte die Hypothese auf, daß jede Zelle im Laufe ihrer Entwicklung Gemmulen, Keimchen, hervorbringe. Jede Gemmula sei befähigt, wenn sie in eine andere entwicklungsfähige Zelle gelangt, dieser Zelle eben diese Beschaffenheit zu geben, welche die andere Zelle hatte, der die Gemmula entstammt. In jedem Zellenstadium werden Gemmulen gebildet, und jede Gemmula kann nur dasjenige Stadium wieder hervorrufen, dem es entstammt. Die Zellen werden wie Felder behandelt, auf denen nacheinander verschiedene Früchte gebaut werden. Die Differenzierung der Zellen erfolgt nicht durch diese selbst, wie auch ein Feld ohne Aussaat unfruchtbar bleibt; vom Unkraute abgesehen, das nicht in das Gleichnis gehört, weil nicht von außen in den Organismus hineingesät wird. Die simultane wie die sukzessive Differenzierung sollen nun darauf beruhen, daß zur richtigen Zeit die richtigen Gemmulen in die Zelle einwandern. Diese Hypothese hat den Charakter der Präformation. Es wird zwar nicht der ganze Organismus präformiert, aber immerhin das einzelne

[1] Variation of animals and plants under domestication. 1. Aufl. 1867, II. Bd., 27. Kap., insbesondere wichtig die 2. modifizierte Auflage.

Zellenstadium, so wie ein Fruchtfeld im Saatgut präformiert ist. Diese Zellenpräformation vermochte zu erklären, daß eine einmal eingetretene anders geartete Differenzierung sich in der nächsten Generation zu wiederholen vermag, weil eben die vermehrten Zellen vermehrte Gemmulen und die veränderten Zellen veränderte Gemmulen hinterlassen. Eine mangelhafte Entwicklung der Zellen durch Nichtgebrauch eines Organes vermindert die Zahl der hinterlassenen Gemmulen. Diese Keimchen wandern von Zelle zu Zelle und sammeln sich in den Keimzellen. Die Hypothese erklärt allerdings nicht, wie es möglich sei, daß eine veränderte Zelle ihre Veränderung auf das Keimchen erblich übertrage. Das Problem wird nur zurückgeschoben. Der Hypothese fehlt auch ein Regulator, der dafür sorgt, daß alle immer gleichzeitig vorhandenen Gemmulen zur richtigen Zeit in die richtige Zelle einwandern.

Hugo de Vries[1] verbesserte die Keimchenlehre. Statt der Gemmulen werden unsichtbar kleine Körperchen angenommen, die aus heterogenen Molekülen gebaut sind, und die Fähigkeit der Assimilation, des Wachstums und der Selbstteilung besitzen, also leben. Diese Körperchen heißen Pangene. Es wird von ihnen angenommen, daß sie nicht von Zelle zu Zelle wandern, sondern in der Zelle selbst verbleiben, und nur durch die Zellteilungen weitergegeben werden. Ihr ursprünglicher Aufenthaltsort ist immer der Zellkern. Wenn ein Pangen aus dem Kerne in den Zelleib auswandert, so vermehrt es sich rasch und verändert den Charakter der Zelle. Bei jeder Zellteilung treten einige wenige Pangene aus dem Kerne aus. Sie werden „aktiv“, während sie innerhalb des

[1] Intracellulare Pangenesis, Jena 1889.

Zellkernes „inaktiv" heißen, da sie dem Kerne durch ihre Anwesenheit keinen differenzierten Charakter verleihen. Der Zelleib, in den sie auswandern, wurde seinerzeit auch von auswandernden Pangenen gebildet; so gut, wie die Zellwand. Alles, was lebt, wird aus den Pangenen; daher der Name. Zwei verschieden geartete Zellen sind auch aus verschiedenartigen Pangenen entstanden. Jeder Zellkern enthält alle für die verschiedenen Zellarten eines Organismus erforderlichen Pangenensorten. Da ein Pangen nicht sofort nach der Auswanderung den Zellcharakter ändert, und auch nicht die Zelle ohne Rest in Anspruch nehmen muß, so können mehrere Pangenenarten zugleich in derselben Zelle in Tätigkeit treten, indem ältere Auswanderer mit jüngeren zusammentreffen. Eine Pangenenart wird z. B. Chlorophyll erzeugen, eine andere blauen Blumenfarbstoff, eine andere ein ätherisches Öl; wieder andere werden formgebend sein. Die sukzessive Differenzierung beruht also darauf, daß sukzessiv andere Pangenenarten aus den Kernen auswandern. Die simultan divergente Differenzierung beruht darauf, daß in zwei Tochterzellen ungleiche Pangenen aus den Kernen austreten. Dieser Hypothese fehlt immerhin noch ein Regulator, der dafür sorgt, daß die betreffende Pangenensorte zur richtigen Zeit in der richtigen Zelle aus dem Kerne auswandert. Es hängt dies damit zusammen, daß dieser Hypothese die chemische Epigenesis der letzten Lebenseinheiten fehlt. Es ist immer alles zugleich da, und man sieht nicht ein, warum die eine Pangenensorte der anderen den Vortritt läßt.

Den fehlenden Regulator suchte Weismann herzustellen, der die letzten Lebenseinheiten Biophoren[1]

[1] Das Ausgangswerk für eine Reihe gedankentiefer Arbeiten hieß: Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung.

nennt. Es sollen dies aus heterogenen Molekülen gebaute unsichtbar kleine Körperchen sein, die ebenso wie die Pangene der Assimilation, der Selbstverdoppelung und der Vermehrung durch Selbstteilung fähig sind. Im Gegensatze zu den Pangenen sollen sie jedoch zu einem festen Verbande, zu einer sogenannten Determinante vereinigt sein. Jeder Körperteil, der in der Entwicklung selbständig zu variieren vermag, ist durch eine eigene Determinante in der Anlage vertreten. Durch die Fähigkeit der selbständigen Variation ist die Größe der Determinante bestimmt und zugleich der Zweck der Annahme von Determinanten klar gemacht. Alle Schuppen eines Schmetterlingsflügels, die gleich sind und zu einem Farbenflecke gehören, der entweder in seiner Gänze verschwindet oder in seiner Gänze vererbt wird, stammen aus derselben Determinante. Zur Gesamtanlage des Körpers wird daher eine große Menge von Determinanten gleicher und ungleicher Art erforderlich sein. Alle Determinanten, die zur Entwicklung eines Organismus ausreichen, sind wiederum untereinander zu einem festen Verbande vereinigt zu

---

Jena 1892. Vorher waren erschienen: Berechtigung der Darwinschen Theorie 1876; Studien zur Deszendenztheorie 1878; Über die Dauer des Lebens 1882; Vererbung 1883; Leben und Tod 1884; Essays upon Heredity and kindred biological Problems 1889/92, II; Aufsätze über Vererbung und verwandte biologische Probleme 1892. Im Gefolge des genannten Werkes erschienen dann zunächst aus dem Gegensatze gegen die Spencersche Lehre der Leichtigkeit der Vererbung erworbener Formeigenschaften heraus: Allmacht der Naturzüchtung 1893; Äußere Einflüsse als Entwicklungsreize 1894; Neue Gedanken zur Vererbungsfrage; Germinal-Selektion 1895; Vorträge über Deszendenztheorie 1902 und 1904; The Evolution Theory 1904.

denken, und dieser feste Verband heißt ein Id. In einem Zellkerne sind mehrere, auch viele Ide enthalten. Das Id hat bereits sichtbare Größe. Es wird mit einem Chromosome, oder mindestens mit einem Teile eines Chromosomes identifiziert. Enthält ein Chromosom mehrere Ide, so heißt es ein Idant.

Durch die Kernteilung werden auch die Chromosomen gesetzmäßig geteilt und zwar so, daß die Zahl der Chromosomen für alle Zellen derselben Tier- oder Pflanzenart konstant bleibt; abgesehen von den zur Befruchtung vorbereiteten Keimzellen, die nur die Hälfte der Chromosomen der betreffenden Art besitzen, und nach der Verschmelzung der Kerne wieder zur normalen Zahl gelangen. In dieser Weise werden ganze Körperanlagen in größerer Zahl von Zelle zu Zelle und von Generation zu Generation weitergegeben. Ein Teil dieser Ide stammt von der väterlichen, der andere von der mütterlichen Seite her. Der Organismus kann diese Ide nur in sich hegen, forternähren, aber nicht im letzten Grunde erzeugen. Der Organismus formt nicht die Ide, sondern die Ide können, sobald sie sich auflösen, einen Organismus formen. Solange sie unversehrt und unverbraucht weitergegeben werden, bilden sie das sogenannte Keimplasma oder Ahnenplasma.

Die Körperbildung beruht nun darauf, daß sich einige Ide nicht für die Vererbung forterhalten, sondern auflösen. Die erste Zellteilung wird jedes solche Id in zwei Teile zerlegen oder aber zerlegt vorfinden. Nach der zweiten Zellteilung haben wir Id-Viertel, nach der dritten Id-Achtel. Eine Idteilung bedeutet vielleicht die mediane Teilung der ganzen Körperanlage; eine andere eine Segmentteilung; eine dritte bereitet den Keimblatt-Gegensatz vor. Zuletzt beginnt der Zerfall in Determinanten. Mit dem Ausschwärmen

der Determinante in den Zelleib verliert die Zelle ihren embryonalen Charakter.

Es ist also durch diese Hypothese die sukzessive wie die simultane stoffliche Differenzierung der geteilten Zellen erklärbar. In der Differenzierung der Zellen offenbart sich die fortschreitende Zerlegung einer festen Architektur des Ides, und dieses Id ist eine Körper-Präformation. Nicht so, als ob das Id irgend eine Ähnlichkeit mit dem zu formenden Körper hätte, sondern in dem Sinne, daß jede stofflich divergente Zelldifferenzierung zeitlich durch die Anordnung der Determinanten vorherbestimmt ist.

Die Determinantenlehre gehört zu den durchdachtesten und geistreichsten Hypothesen. Dennoch schafft auch sie manche Vorstellungsschwierigkeiten. Die Determinantenablösung und die ihr vorhergehende Id-Teilung verbürgt die Ordnung in der Differenzierung. Was aber verbürgt die Ordnung in der Id-Teilung und in der Determinantenablösung? Wenn die Determinanten wie Korallen an einer Schnur gereiht wären, dann wäre die Ordnung leichter vorstellbar. Es löst sich eine Koralle nach der anderen von der Schnur. Die von dem einen Ende abfallende Koralle geht in die eine Tochterzelle, die vom anderen Ende abfallende in die andere. Wenn vorher schon die Teilungswand angelegt ist, so kommen die Vermehrungsprodukte nicht durcheinander, und die Tochterzellen sind stofflich divergent im Zelleibe differenziert. Nun verlangen zum Beispiel die Froschexperimente von W. Roux, daß schon nach der ersten Zellteilung mindestens Id-Hälften, wenn nicht Id-Viertel, auch im Zellkerne gebildet werden. Die Schnur muß sich daher auch in der Mitte teilen, und bei jeder Zellteilung wieder in der Mitte. Was bürgt dafür, daß die Schnur auch immer an der richtigen Stelle geteilt wird? An der

Schnurvorstellung hängt eine weitere Schwierigkeit. Das inaktive Id soll sich verdoppeln können. Das ist bei einer spiralig zusammengerollten Schnur leicht vorstellbar. Jedes Biophor verdoppelt sich selbst senkrecht auf die Ebene der Schnur. Wenn sich das letzte Biophor verdoppelt hat, ist das ganze zweite Id fertig. Viele solche Ide können parallel zueinander geschichtet körperhaft werden. Das Wachstum ist aber doch in die Fläche gebannt. Die Determinanten müßten flach im Id ausgebreitet sein, und die Biophoren ebenso flach in der Determinante, ebenso die Moleküle im Biophor. Dadurch wird der Raum für die erforderlichen Determinanten unangenehm klein. Die Ide sollen nach der Hypothese fast kugelförmig sein, um eben eine große Determinantenzahl zu gewinnen, und dabei nicht unter die plausible Molekülgröße heruntergehen zu müssen. Die Selbstverdoppelung einer Kugel, die von jedem ihrer Teile ausgehen soll, ist nun recht schwierig vorzustellen.

Die Herkunft der Ide selbst bleibt ein Rätsel. Ein lebensfähiges Molekül kann durch Urzeugung beim Übergange des atomisierten in den molekularisierten Weltzustand entstanden sein. Daß sich aber Moleküle zu Biophoren, diese zu Determinanten, und diese zu Iden zusammenfinden, bevor jener Lebensprozeß beginnen kann, der zu divergenten Differenzierungen führt, diese Annahme hat eine große innere Schwierigkeit.

Das Gegenstück zur Präformationslehre Weismanns ist B. Hatscheks Hypothese der chemischen Epigenesis.[1] Der Grundgedanke ist der Ersatz der Determinantenablösung durch ein System di-

[1] B. Hatschek, Hypothese der organischen Vererbung. Leipzig 1905.

vergenter chemischer Reaktionenketten. Habe ich auch nur ein einziges Molekül A, das die Fähigkeit der Selbstvermehrung besitzt, so kann sich dieses in die vermehrungsfähigen Moleküle B und C zerlegen. Zerlegt sich später das Molekül B in D und E, hingegen C in F und G, so habe ich Material genug, das in die sich differenzierenden Zellen verteilt werden kann. Ich kann die Sache auch anders gestalten. Habe ich vier Moleküle A, so können zwei durch ein Reagens R_1 in B verwandelt werden, und zwei andere durch ein Reagens R_2 in C. Ferner kann ein Molekül B durch ein Reagens R_3 in D verwandelt werden, und das andere Molekül B durch ein Reagens R_4 in E. Ebenso kann ein Molekül C in F verwandelt werden, das andere in G. Es können hier Spaltungen, Umbauten und Aufbauten zusammenwirken. Die erforderlichen Determinanten sind dann niemals zugleich im Zellkern wirklich eingelagert. Dort befinden sich nur wenige, vielleicht nur eine einzige Molekülart, die zur Determinantenentwicklung in Anspruch genommen wird. Die Determinanten entstehen nacheinander und auseinander nach der Einwanderung der betreffenden Anfangsmoleküle in den Zelleib. Man kann sich in dieser Weise ein System divergenter Reaktionenketten denken, das von einem einzigen Moleküle seinen Ursprung nimmt, und ebenso viele chemische Glieder hervorbringt und vorübergehend enthält, als sonst Pangenensorten oder Determinantensorten erforderlich wären. Geht man von mehr als einer Anfangsmolekülart aus, so wird die Zahl der Produkte sehr rasch größer, beziehungsweise die Zahl der erforderlichen Reagentien kleiner. Dazu kommt noch, daß das Anfangsmolekül nach Hatschek keine starre chemische Konstitution besitzt, sondern selbst in beständiger Abspaltung und Wiederherstellung be-

griffen ist, also eigentlich einen Konstitutionskreislauf vorstellt. Jede Phase in dieser Konstitutionenfolge kann wiederum der Ausgangspunkt eines Systemes divergenter Reaktionsketten sein. Diese Auffassung des lebenden Moleküles oder Biomoleküles wirkt ebenso, als wenn eine größere Zahl von Anfangsmolekülen angenommen würde. Es kann also bezüglich der Zahl der erforderlichen Determinanten keine Verlegenheit entstehen. Es gibt auch keine Raum- und Größenverlegenheiten, weil die Determinanten niemals zugleich existieren. Es gibt auch keine Ordnungsverlegenheit, weil ein chemischer Prozeß immer nur dann möglich ist, wenn der andere abgelaufen ist, der die chemische Voraussetzung bildet.

Hatschek nimmt molekulare letzte Lebenseinheiten an, die er *Biomoleküle* nennt. Im Zellkerne haben die Biomoleküle die Fähigkeit der Selbstvermehrung (Generation) und die Fähigkeit der Molekülregeneration nach Abspaltungen. Im Besitze der Vermehrungsfähigkeit heißen sie generative Biomoleküle = *Generatüle*. Sie sind für eine und dieselbe Spezies gleichartig oder von geringer Mannigfaltigkeit. Nach der Auswanderung in den Zelleib verwandeln sie sich durch chemische Reaktionen in sehr viele andere Molekülarten, die sich nicht mehr vermehren. Einige dieser Moleküle sind noch insoferne lebend, als sie die Fähigkeit behalten haben, sich immer wieder zu regenerieren, während sie andrerseits immer wieder Abspaltungen erfahren. Die Veränderung durch Abspaltung heißt im Sprachgebrauche *Herings* Dissimilation; die Regenerierung durch Einverleibung heißt Assimilation. Das Wort Assimilation wird hier nicht in dem Sinne von Selbstverdoppelung, sondern von Selbsterhaltung gebraucht. Andere Moleküle verlieren auch diese Fähigkeit und werden unbelebte Mole-

küle. Die in den Zelleib eingewanderten Moleküle dienen nicht mehr der Vermehrung, sondern der Arbeit. Daher heißen sie ergastische Biomoleküle = Ergatüle. Die zu leistende Arbeit ist sehr verschieden. Die rückschreitende Metamorphose des Stoffwechsels zerspaltet die Moleküle in allerkleinste wie Kohlensäure und Wasser, die aus dem Körper ausgeschieden werden. Diese Moleküle leisten Heizerarbeit. Andere Moleküle bleiben auf einer gewissen Stufe dem weiteren Stoffwechsel entrückt und werden dem Gerüste des Körpers einverleibt; andere Moleküle verwandeln sich in Sekrete, die dem Körper in mannigfacher Weise dienen. Gewisse Abspaltungsprodukte dieser Ergatüle dringen auch in den Kern derselben und der benachbarten Zellen ein, und wirken dort als chemische Reize auf die Generatüle verändernd ein Diese Abspaltungsprodukte werden Ergatine genannt. Die Ergatine sind teils normale physiologische Wachstumsreize, teils bewirken sie eine dauernde Veränderung der Generatüle. Als normale Wachstumsreize dienen sie der rhythmischen Veränderung der Generatüle von einer Keimzellenbildung bis zur nächsten mit ewiger Rückkehr zum gleichen Ausgangszustand. Als dauernd verändernde Ergatine bewirken sie eine dauernde Abänderung und dadurch eine bleibende Aufhebung der ewigen Rückkehr zur gleichen Phase. Die eine Gruppe chemischer Reize entspricht der Formenbeständigkeit, die andere Gruppe der erblichen Formenveränderung.

In dieser epigenetischen Konstruktion liegt ein unleugbarer Fortschritt. Allerdings bleibt auch hier noch eine Schwierigkeit übrig. Nehmen wir zunächst nur die sukzessive Differenzierung, ohne noch an die divergente zu denken. Eine Molekülart A wandere in den Zelleib, und verwandle sich dort in B. Nach der

nächsten Zellteilung verwandle sich B in C. Nun kann nicht verhindert werden, daß die Molekülart A fort und fort nachwandert. Wir werden also neben den B frisch eingewanderte A haben, und neben dem C frisch umgewandelte B und frisch eingewanderte A. Bis wir nach Z kommen, haben wir alle Arten von A bis Z nebeneinander zugleich wirklich in jeder Zelle. Von jetzt an hört die Möglichkeit einer sukzessiven Differenzierung auf, denn es ist immer alles zugleich im Zelleibe. Damit hört auch die Möglichkeit einer divergenten Differenzierung auf. Wenn wir durch einen künstlichen Eingriff alle Arten von A bis M in die eine Tochterzelle geben könnten, und die anderen Arten von M bis Z in die andere, so würde doch die Differenzierung keine Dauer haben, denn in jeder Zelle wandern frische A aus, die durch stetige Nachwanderung die Zellen mit allen Molekülarten ausstatten.

Ich habe vor mehreren Jahren[1] darauf hingewiesen, daß sich mit dem Begriffe der Zellendifferenzierung nicht mehr gut weiterbauen läßt, und daß hier eine Zerlegung des Begriffes in drei Begriffe notwendig sei, wenn die Hypothesen geklärt werden sollen.

Die Kerndifferenzierung ist wesentlich von der Differenzierung des Zelleibes verschieden, was allgemein angenommen wird. Das wichtigste ist aber die Zellwanddifferenzierung, die wiederum etwas anderes bedeutet als die Differenzierung des Zelleibes.

Ich denke mir im Zellkerne einer Spezies nicht eine oder einige wenige, sondern viele, vielleicht hundert und mehr Arten von Biomolekülen vereinigt, ohne die Notwendigkeit einer festen Architektur eines Keim-

[1] A. Stöhr, Letzte Lebenseinheiten und ihr Verband in einem Keimplasma. Leipzig, Wien 1897. Fr. Deuticke.

plasmas. Jede dieser Molekülarten könne zu jeder Zeit Auswanderer in den Zelleib entsenden. Da sich die Wirkungen der Auswanderer auf den Zelleib gegenseitig kompensieren, so erwarte ich von hier aus keine divergente Differenzierung der Zelle. Hingegen nehme ich an, daß diese Auswanderer an die nach der Befruchtung frisch gebildete Zellwand gelangen. Eine auswandernde Molekülart, die ich dermatogen nennen möchte, und die vom männlichen Kerne zu stammen scheint, bildet sogar diese Wand. Die anderen Auswanderer verwachsen mit der Wand und bilden einen fortlebenden Wandbelag. Jetzt ist es möglich, daß durch die nächste Zellteilung die Zellwand stofflich divergent differenziert wird. Selbst dann, wenn die Biomoleküle ohne Ordnung gelagert sind, was nicht wahrscheinlich ist, müßte sich nach länger fortgesetzten Zellteilungen eine divergente Differenzierung herausbilden. Indem jedes Stück der Zellwand durch Zwischenlagerung (abgesehen von der Auflagerung) wächst, wird jeder Wandbelag immer größer. Denken wir uns im geometrischen Schema eine Kugel, deren Oberfläche acht verschiedenfarbige Felder hat. Halbieren wir diese Kugel, und dehnen wir eine Hälfte zur Gestalt und Größe der Anfangskugel aus, so hat jede neue Kugel bei günstiger Lage der Schnittebene zu den gleich großen Farbenfeldern nur mehr vier Farben. Nach weiteren zwei Halbierungen ist der Rest der alten ursprünglichen Oberfläche bereits einfärbig geworden. Die lebende Zelle entspricht zwar nicht diesem Schema der Halbierung und Auswölbung, aber die Rechenaufgabe bleibt die gleiche. Jeder wachsende heterogene Wandbelag muß schließlich durch Zellteilungen zu homogenen Wandbelägen führen, und außerdem zu stofflich divergenten Differenzierungen der Zellen gegeneinander, was die Zellwände betrifft.

Der Zelleib muß diese Differenzierungen nicht mitmachen. Aus dem Kerne können jederzeit beliebige Molekülarten auswandern. Da die Wand bewachsen ist, so werden sich nun isomorphe und gleichartige Moleküle anlagern. Die neuen Auswanderer können den Charakter der Zellwand nicht mehr determinieren. Nur wenn der Wandbelag durch sukzessive chemische Metamorphose abstirbt, ergibt sich die Möglichkeit eines neuen Wandbelages; sei es in der zu befruchtenden Eizelle, sei es in der Parthenogenese, in der Regeneration verlorener Teile oder in der Postgeneration.

Die Differenzierung des Zelleibes hat andere Voraussetzungen und ein anderes Schema. Viele Inhaltskörper haben einen wandständigen Ursprung. Lösungen, die den Zelleib durchdringen, können nicht divergent differenziert werden, weil sich die Moleküle gleichmäßig verteilen. Reagiert aber die Zellwand auf die Lösung oder umgekehrt, dann erfolgt die Differenzierung durch den Einfluß des Wandbelages. Ebenso erfolgt die Differenzierung, wenn die Lösung ein Derivat des Wandbelages ist. Im Zelleibe ist eine eigenartige Differenzierung in folgender Weise möglich. Es sei ein Stoff als weiches, zum Beispiel netzförmiges, Aggregat gegeben. Dieses feine Netz durchdringe nicht den ganzen Zelleib, sondern zum Beispiele drei Viertel des Raumes. Die nächste Teilung kann zwei Zellen schaffen, deren eine im Zelleib gänzlich von diesem Netze durchdrungen ist, und deren andere nur zur Hälfte. Bei fortgesetzter Teilung kann aus einer dieser Zellen der Stoff ganz verschwinden, während er in der anderen gehäuft wird. Hier steht nicht die Qualität A gegen die Qualität B, sondern ein Mehr des A gegen ein Weniger desselben A. Während die Zellwand qualitativ divergent diffe-

renziert werden kann, ist der Zelleib einer quantitativ divergenten Differenzierung fähig.

Im Zellkerne scheinen beide Arten der Differenzierung selten vorzukommen. Ein Kern, der nicht stofflich gleich geteilt wird, verliert die Fähigkeit, eine Ontogenese einzuleiten. Der Stillstand der Eizelle scheint auf den Verlust einer Stoffart im Kerne zurückzugehen, nämlich auf die Verbrauchung jener dermatogenen Biomoleküle, die die Zellwände bilden. Der Kerninhalt dürfte eine sukzessive Differenzierung erfahren, die sich im Kreise schließt, so daß der Zustand der einen befruchteten Eizelle in der nächsten Eizelle der daraus entstehenden Organisation wiederkehrt. Diese Differenzierung betrifft das Mengenverhältnis der vorhandenen Biomolekülarten. Hier spielt die Assimilationsgeschwindigkeit (Vermehrungsgeschwindigkeit) eine große Rolle. Ein Biomolekül, das auch nur ein Phosphoratom besitzt, bedarf zur Verdoppelung eben wieder eines Phosphoratomes. Enthalten die zuströmenden Nährstoffe wenig oder keinen Phosphor, so bleibt die Assimilation dieses Biomoleküles einstweilen eingestellt, während phosphorfreie Moleküle sich unterdessen vermehren. Wird aber der Phosphor durch etwas anderes vertreten, so ist eben das Biomolekül selbst etwas anderes geworden, und die betreffende Biomolekülart aus dem Gemenge entweder für immer oder für die Dauer der geänderten Ernährung ausgeschieden. Dieselbe Erwägung wie für Phosphor oder Schwefel gilt in erster Linie für den Stickstoffgehalt. Ein kleineres Biomolekül mit großem Stickstoffgehalt kann bei stickstoffarmer Nahrung in der Vermehrung gegen große, aber stickstoffärmere Biomoleküle zurückbleiben. Die Assimilationsgeschwindigkeit hängt also einerseits von der chemischen Konstitution der Biomoleküle, andrerseits von der

chemischen Konstitution der letzten feinsten Nährstoffe ab. Da sich die Ernährungsverhältnisse einer Zelle selbst bei gleicher Zufuhr von außen durch den werdenden Organismus verändern, so ist das Mischungsverhältnis der Biomoleküle im Zellkerne variabel, denn es ist eine Folge der Assimilationsgeschwindigkeiten. Durch geänderte Lebensverhältnisse kann eine Molekülart ganz aus dem Kerne unwiederbringlich hinausgehungert werden. Das führt zu einer erblichen Veränderung der Art. Je größer die Zahl der Biomolekülarten im Kerne ist, desto größer ist die Zahl der Veränderungsmöglichkeiten, da hier diese und dort jene Molekülart verschwinden kann.

Ich stelle mir vor, daß es im Zelleibe autochthone Biomoleküle verschiedener Arten gibt, von denen die einen spaltend wirken und andere Sauerstoff annehmen und sofort weiterübertragen. Die Spaltarbeit scheint zunächst auf die in die Zelle eindringenden kleineren, unbelebten Moleküle der Nährstoffe gerichtet zu sein. Die brauchbaren Spaltungsprodukte werden dann von den Diffissoren zur eigenen Vermehrung verwendet. Der Überschuß des nicht sofort Verbrauchten kommt möglicherweise den Biomolekülen im Kerne zu. Die Sauerstoffübertragung muß nicht direkt einer Molekülatmung dienen, die vielleicht gar nicht notwendig ist. Es kann sein, daß die unbrauchbaren, auch die giftigen Spaltungsprodukte fortwährend durch Sauerstoffübertragung verbrannt werden müssen; teils damit sie unschädlich, teils damit sie ausscheidungsfähig gemacht werden. Es atmet dann nicht das Biomolekül, sondern die Zelle. Die Autochthonen des Zelleibes haben von dem miternährten Zellkerne den Nutzen, daß von dort aus Biomoleküle einwandern, die die schützende Zellhaut anlegen und einen Wandbelag schaffen, durch den

eine divergente Differenzierung der Zellen gegeneinander erst möglich wird.

Die Biomoleküle selbst müssen nicht chemisch hochgradig labil sein. Diese leichte Zersetzbarkeit ist korrelativ zu nehmen. Ein Biomolekül, das innerhalb der Zelle vor gewissen Diffissoren geschützt ist, kann innerhalb der Zelle sehr haltbar sein, während es außerhalb der Zelle sofort zerfällt. Man möge sich auch gegenwärtig halten, daß gewisse giftige und spaltende Stoffe beständig durch Sauerstoffübertragung verbrannt werden. Hört die Sauerstoffzufuhr auf, oder werden die lebenden Oxydatormoleküle zerstört, so sind die bisher durch die Atmung verteidigten anderen Biomoleküle Angriffen ausgesetzt, denen sie nicht standhalten; von denen sie aber auch bis jetzt verschont waren.

Natürlich darf man an ein großes Biomolekül nicht den Maßstab für ein kleines Molekül anlegen. Ein Biomolekül ist kein Ding, sondern nur ein Atomenspielplatz. Schon infolge der großen Atomenzahl kann ein Biomolekül auch ohne eine chemische Veränderung eine bedeutende Innenbewegung besitzen, etwa nach der Art von Schlängelbewegungen, von rhythmischen Kontraktionen oder dergleichen. Abgesehen davon wird wahrscheinlich je eine Gruppe von Biomolekülen isomorph zu behandeln sein, weil geringfügige Abweichungen in den Seitenketten, die nur einige Atome betreffen, bei der großen Atomenzahl des Riesenmoleküles in mancher Hinsicht keine Bedeutung haben. Wenn zum Beispiele ein Biomolekül mit einem anderen in ganz bestimmten Punkten, beziehungsweise Atomen aggregiert, so hat es wenig zu bedeuten, ob die Moleküle in einigen Seitenketten nicht übereinstimmen, wenn nur die Aggregationspunkte nicht in diese Ungleichheit einbezogen sind.

Ein Biomolekül kann sich daher während seiner Verdoppelung durch Apposition kleiner Moleküle bewegen; es kann auch nebensächliche chemische Veränderung unterdessen erfahren, so daß der ursprüngliche Assimilator mit dem schließlich die Vermehrung vollendeten Assimilator nicht mehr genau gleichgeblieben ist. Trotzdem können diese nebensächlichen Varianten derselben Gruppe angehören, und ein gewisses Konstitutionenfeld nicht überschreiten, so daß man in diesem Sinne von einer relativ haltbaren chemischen Konstitution sprechen kann.



7. Leben im Sinne der charakterisierten Selbstformung durch bestimmte Anordnung der Teile im Raume.

Der strengere Begriff der morphologischen Differenzierung[1] steht erst am Anfange seiner Geschichte, denn er setzt die Vorstellung der Zelle voraus. Die Pflanzenzellen wurden zuerst von Robert Hooke 1667 gesehen, und der Zellenbau zuerst von Malpighi 1671 untersucht. Für die Begriffsbildung wurde diese Vorstellung in Hinsicht auf die morphologische Selbstdifferenzierung erst nach der Entdeckung des komplizierten Kernteilungsvorganges fruchtbar. Das Studium der Zellteilung beginnt erst 1831 (Mirbel) und 1835 (Mohl).

Wir finden in früheren Zeiten eine Zurückschiebung des Problems. Die zu bildende Gestalt wird schon als gegeben vorausgesetzt, so daß es nur einer Vergrößerung und einer Verschiebung der Größenverhältnisse bedarf, um die sichtbare Gestalt zu erhalten. Darauf beruhen alle Lehren der Präformation. Antony van Leeuwenhoek (1632—1723), der Entdecker der Spermatozoen, gab eine kräftige Anregung zur Spekulation. Hartsoeker (1694) und Dalempatius (1699) vermuteten Homunculi von

[1] im Gegensatze zur chemisch divergenten.

außerordentlicher Kleinheit in den Spermatozoen. Man hatte damals keine entwicklungsmechanistischen Interessen. Man fragte nicht nach der Selbstformung, sondern begnügte sich mit der Vergrößerung der mikroskopischen Geformtheit. Es handelte sich nicht um das Wodurch der Selbstformung, sondern um das Woher der fertigen kleinen Anlage, ob von väterlicher oder mütterlicher Seite. Die Antwort der Ovulisten gegen die Spermatisten oder Animalkulisten war ebenso charakteristisch, die ganze Anlage für den Organismus liege im Ei und nicht im Samen. Ovulisten waren z. B.: Swammerdam (1637—1680), Malpighi (1628—1694), Albrecht von Haller (1708—1777), der eigentliche Theoretiker der Präformationslehre, dann Bonnet (1720—1793) und Spallanzani (1729 1799). Dabei übersahen beide Parteien, daß sie entweder nicht die mütterliche oder nicht die väterliche Ähnlichkeit erklären konnten. Schon Hippokrates (um 460—359 oder 377 v. Chr.) hatte angenommen, daß jeder Teil des Organismus einen doppelten Ursprung habe, einen mütterlichen und einen väterlichen, und daß nur der eine oder der andere Anteil der Größe nach überwiegt. Leibniz (1646—1716 gab der Präformationslehre in den „Considérations sur le principe de vie et sur les natures plastiques“ (1705) folgenden Ausdruck: „In den Teilen der natürlichen Maschine gibt es Maschinen ohne Ende und so viel ineinander Eingeschachteltes, daß nie ein organischer Körper hervorgebracht werden kann, der völlig neu und ohne jede Vorherbildung wäre. Da die Tiere auf natürlichem Wege nie aus einer unorganischen Masse gebildet werden, so vermag der Mechanismus, obgleich er jene unendlich mannigfaltigen Teile nicht neu hervorbringen kann, sie doch recht wohl durch Entschachtelung und Umformung

aus einem vorher bestehenden organischen Wesen zu entwickeln."[1] Der Präformationslehre trat Kaspar Friedrich Wolff (1733—1794) in der „Theoria generationis" 1759 entgegen.[2] Der Organismus entfalte sich nicht aus einer in allen Teilen gleichzeitig gegebenen Anlage, sondern entwickle sich von Stufe zu Stufe. Jede erreichte Stufe sei die Anlage für die nächste und das Ergebnis der vorhergehenden. Die Teile der Anlage seien also nicht simultan, sondern sukzessiv in der Wirklichkeit vorhanden. An die Stelle der eingeschachtelten Dinge trat die Einschachtelung der Prozesse. Damit war das Programm der Epigenesis aufgestellt.

Das Problem der Selbstformung wird dadurch kompliziert, daß die Organismen in hohem Grade die Fähigkeit besitzen, Störungen am befruchteten Ei und am Embryo auszugleichen, so daß ein gestörter Verlauf nicht immer zu Mißbildungen führen muß, welche Vorstellung früher sehr verbreitet war. Diese Fähigkeit heißt auch die morphologische Selbstregulierung der Entwicklungsfunktionen im Gegensatze zur sogenannten Selbstregulierung der Betriebsfunktionen im fertigen Organismus. Im Jahre 1881 veröffentlichte Wilhelm Roux unter dem Titel „Der Kampf der Teile im Organismus" eine Theorie der Selbstformung, worin der Begriff der Selbstregulierung so erweitert wird, daß er nicht nur den Betrieb, sondern auch die Entwicklung und die Wiedergutmachung der Entwicklungsstörungen umfaßt. In diesem weiteren Sinne wird in der genannten Schrift die

[1] Übersetzung von R. Habs, Kleinere philosophische Schriften von Leibniz, Reclam, Seite 206 und 207.

[2] Deutsch von Samassa, in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften, Leipzig 1896.

Selbstregulierung als eine Grundeigenschaft aller Lebewesen dargestellt.

W. Roux weist darauf hin[1], daß die ungestörte Selbstdifferenzierung einerseits und die Selbstregulation nach einer Entwicklungsstörung andrerseits in einer Wechselbeziehung stehen. Denken wir uns, ein Organismus könnte sich bei den gewöhnlichen Verhältnissen seiner Art so gut wie ungestört lediglich durch divergent differenzierte Zellteilung entwickeln. Da hier keine Störungen stattfinden, so kommt die Selbstregulierung nach Störungen nicht zur Geltung. Fehlt diese Fähigkeit ganz, oder geht sie zurück, so wird es nichts schaden. Besitzt hingegen ein Organismus einen hohen Grad von Selbstausbesserungsfähigkeit nach erlittenen Entwicklungsstörungen, so bedarf er nicht besonders hoher Schutzeinrichtungen, die ihm eine ungestörte Entwicklung verbürgen.

„Je mehr bei den höheren Organismen die Entwicklungsmechanismen fester geworden sind, und je mehr Selbstschutz vor Störungen durch Mitgabe von Nahrungsdotter, durch eine schützende Hülle oder zuletzt durch Einschluß in den Mutterleib und mit diesem Sicherung einer konstanten Temperatur, Nahrung und Schutz vor äußeren Einwirkungen erlangt worden ist, um so mehr tritt der Anteil der Selbstregulation auf den früheren Stufen der individuellen Entwicklung gegen die“ (ungestörte) „Selbstdifferenzierung einzelner Teile zurück. Dies ist bei den am meisten geschützten Embryonen der Säuger in so hohem Maße der Fall, daß bis fast zur normalen Geburt gereifte Halbbildungen (Roux, Eckhardt) und

[1] Wilhelm Roux, Über die Selbstregulation der Lebewesen. Archiv für Entwicklungsgeschichte, XIII. Bd., 4. Heft, 1902.

reife Embryonen mit anderen großen Defekten, der Acormus und der Acephalus entstehen[1]; ferner gehören hierher der Amorphus und die Teratome, letztere beiden wegen ihrer oft normal gestalteten, weit entwickelten isolierten Organe. Alle diese tierischen und menschlichen Defektmißbildungen der Mammalia legen unzweideutiges Zeugnis dafür ab, daß die Postgeneration, resp. Regeneration, also die Selbstregulation oder die regulierenden Wechselbeziehungen bei diesen Lebewesen nur in sehr unvollkommener Weise tätig sind, daß dagegen die Selbstdifferenzierung auf früher oder erst auf späterer Stufe isolierter Teile (des Eies resp. des Embryo) eine sehr große ist."[2]

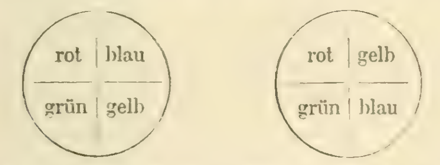
Wenden wir uns zunächst zur ungestörten Selbstformung, noch ohne Selbstausbesserung der Störungen, noch ohne Postgeneration, ohne Regeneration verlorener Teile, ohne Umdifferenzierung einer bereits gewordenen Differenzierung bei der Postgeneration.

Nehmen wir die besten der vorhandenen Hypothesen, die uns die divergente stoffliche Differenzierung der Zellen gegeneinander zu erklären vermögen. Wir werden begreifen, daß auf diese oder auf jene Art die nötige Zellenzahl und die nötige Zahl der Zellenarten in der nötigen Qualität entsteht. Dabei wollen wir voraussetzen, daß die Form der Zelle mit der stofflichen Differenzierung mitdifferenziert sei. Durch alles dies wird das Hauptproblem, die Selbstformung, nicht gelöst, nicht einmal berührt. Wie ist es möglich, daß die dem Stoffe und der Form nach richtig verschiedenartig gewordenen Zellen gerade diese und keine andere Lage zueinander im Raume ein-

[1] W. Roux, Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen, 1895, II, Seite 828.

[2] Ebendort, II, Seite 982.

nehmen? Denken wir uns die Odyssee in Worte zerlegt, und wir sollten jetzt einen Mechanismus ersinnen, durch den sich die durcheinander gebrachten Worte von selbst zum Epos ordnen. Was nützt uns die richtige Zahl der Worte, die richtige Form der Kasus und der Zeiten, wenn sich die Worte nicht richtig zusammenfinden? Oder ein anderes Gleichnis. Wir hätten eine Kreisfläche, die sich von selbst in zwei entgegengesetztfarbige Halbkreise differenziert. Teilen wir diesen Kreis zum Beispiele qualitativ symmetrisch. Bis jetzt ging die qualitativ divergente Differenzierung Hand in Hand. Nun zerlege sich jeder Halbkreis wieder von selbst in zwei entgegen-



gesetztfarbige Viertelkreise. Wir erhalten jetzt zum Beispiele in dem einen Halbkreise die Farben Rot und Grün, in dem anderen die Farben Gelb und Blau. Da die eine Differenzierung von der anderen räumlich unabhängig ist, so erhalten wir zwei Möglichkeiten. Die eine ist ein Symbol der natürlichen Form, die andere ein Symbol der Mißbildung. Mit jeder neuen Zerlegung und divergenten Differenzierung des Stoffes wächst die Zahl der lebensunfähigen Formen, während die Zahl der lebensfähigen, natürlichen Form 1 bleibt. Die Wahrscheinlichkeit der Entstehung eines amorphen lebensunfähigen Zellenklumpens wächst mit der Zahl der Zellteilungen sehr rasch und ist bei allen vielzelligen Organismen so groß, daß ein natürlicher Organismus als unglaubliches Wunder beiseite gelassen werden kann.

Wäre die Verteilung des Stoffes nur durch chemische Selbstdifferenzierung und nicht geometrisch geregelt, so könnte sich ein linkes Anterius mit einem rechten Posterius zu einem halben vorderen Embryo kombinieren, und ebenso ein linkes Posterius mit einem rechten Anterius zur anderen Hälfte. Wie lange eine solche falsche Kombination sich entwickeln kann, ist eine andere Frage. Eine sinnlose Kombination ist unfähig zu leben. Daraus folgt nur, daß das Sinnlose untergeht, und nicht, daß es sich von selbst in das Sinngebende verwandelt.

Bei dem Probleme der Selbstformung handelt es sich nach meiner Meinung vor allem darum, die Zelle als ein dreigliedriges lebendiges System zu behandeln, und die Hypothesen nicht allein auf den Kern und das Cytoplasma zu bauen. Wiesner weist in seiner Plasomentheorie immer mit Nachdruck auf das Leben der Zellhaut hin (Dermatosomen).[1]

Ich versuchte vor einigen Jahren der Weismannschen Hypothese eine einfachere Form zu geben, indem ich die Ide auf Anlagen für gleiche Segmente reduzierte, und die Differenzierung der Segmente gegeneinander eine Funktion der Lage sein ließ.[2] Von der Annahme eines festen Verbandes im Kerne bin ich überhaupt abgekommen, denn die Annahme von gegeneinander freibeweglichen Biomolekülen im Kerne im Sinne von Hatschek scheint mir vollständig zu genügen. Dagegen glaube ich nach wie vor, daß die Hauptsache nicht nur die Auswanderung der Biomoleküle in den Zelleib, sondern auch und wesentlich das Anwachsen von Biomolekülen an die frisch gebildete Zellwand sei, so daß ein dünner Belag

[1] J. Wiesner, Elementarstruktur, Wien 1892.

[2] A. Stöhr, Letzte Lebenseinheiten, Wien 1897.

von wandständigem Plasma gebildet wird, der die ganze Ontogenese leitet. Durch diese Annahme allein gewinnt man erst festen Boden unter den Füßen.

Lassen wir viele Biomolekülarten im Zellkerne sein und zugleich von jeder Art einen Teil auswandern, so erhalten wir von der einen dermatogenen Sorte nach der Befruchtung eine neue dünne Zellwand, und von allen übrigen Sorten ein Mosaik eines heterogenen, anwachsenden Wandbelages. In dem Maße, als die Zellwand wächst, wächst auch jede Stelle des Mosaikes. Die homogenen Pünktchen werden im Laufe der Zellteilungen zu großen homogenen Flächen. Die wandständigen Biomoleküle wachsen entweder selbst fort, oder sie stellen ihr Wachstum ein und aggregieren sich nach Analogie der Krystallisation mit gleichnamigen, nachgewanderten Biomolekülen sowohl im Sinne der Zwischenlagerung (Intussuszeption) bei wachsender Zellwand, als im Sinne der Auflagerung (Apposition, Dickenwachstum) oder nur in dem einen oder anderen Sinne je nach den Umständen.

Die gelösten Auswanderer in den Zelleib können die Zellen nicht einmal stofflich divergent differenzieren, viel weniger im Raume richtig anordnen, weil die Moleküle immer und überall durch Diffusion gleichmäßig verteilt sind. Wenn aber die Auswanderer sich zu einem weichen Systeme aggregieren, das den Zellleib wie ein Netzwerk durchsetzt, dann ist eine quantitative stoffliche Differenzierung möglich. Ist der Zellleib z. B. nur zur Hälfte durchsetzt, so kann die Teilungswand so angelegt werden, daß eine der neuen Zellen diesen Stoff enthält und die andere nicht. Eine qualitative, nach beiden Seiten positive Differenzierung versagt unter solchen Umständen. Der mosaikartige molekular dünne Wandbelag ist die einzige Möglichkeit, an eine bestimmt geordnete Selbstver-

teilung der Zellcharaktere im Raume glauben zu können.

Wenn die eine Hälfte der Innenfläche einer Zellwand mit Biomolekülen A belegt wird, und die andere Hälfte mit Biomolekülen B, und diese Moleküle an die Wand anwachsen, obwohl sie im Kerne gegeneinander frei beweglich waren (oder wenigstens frei beweglich gewesen sein können), so ist die Ontogenese eines primitiven Organismus im Raume orientiert. Eine solche Zellwand kann qualitativ symmetrisch geteilt werden. Im Zweizellenstadium haben wir dann zwei stofflich gleichwertige Zellen. Jede dieser Zellen enthält ein Stück des alten Wandbelages, der mit der Zellwand selbst wächst und die neuen Stücke der Teilungswand gleichnamig bekleidet. Jede der Zellen kann abermals qualitativ symmetrisch geteilt werden, wenn die Teilungsebene zur Ebene der ersten Teilung senkrecht genommen wird. Nehmen wir aber jetzt eine dritte Teilungsebene senkrecht zu den beiden ersten, so muß diese Zellteilung eine qualitativ asymmetrische Stoffteilung ergeben. Im Achtzellenstadium haben wir dann je vier Zellen von gleicher Qualität. Wenn die neuen Zellen sich nicht in der Lage gegeneinander selbsttätig verdrehen können, so ist die Lage der stofflichen Differenzierungsprodukte im Raume eindeutig bestimmt. Es erhellt auch, daß die Abfolge der Zellteilungsebenen in der Zeit ganz gleichgültig ist. Ergibt schon die erste Zellteilung die qualitative Differenzierung, so werden die zweite und die dritte qualitativ symmetrisch sein. Die stoffliche Differenzierung kann auch zwischen zwei stoffliche Gleichteilungen eingeschaltet sein.

Lösen wir eine der Zellen im Zweizellenstadium ab, und war die erste Zellteilung stofflich symmetrisch, so entwickelt sich aus dieser Zelle ein ganzer Organis-

mus von der halben gewöhnlichen Größe. War aber die erste Zellteilung stofflich asymmetrisch, so entwickelt sich die isolierte Zelle zu einem halben Organismus gewöhnlicher Größe.

Natürlich ist dieses Gleichnis nur ein Schema, das in dieser Einfachheit in der Natur nicht vorkommt. Nach dem Achtzellenstadium ist zwar eine weitere Zellteilung, aber keine weitere Stoffdifferenzierung möglich, weil die Wandbeläge homogen geworden sind. Aus den Zellen mit den Wandbelägen A wird zum Beispiele ein Entoderm, aus den Zellen mit den Belägen B ein Ektoderm. Da die stofflich ungleichen Zellen eine verschiedene Wachstums- und Teilungsgeschwindigkeit haben, so wird die eine Schichte von der anderen gebogen. Das, was sich infolge der stofflichen Ungleichheit einstülpt und Innenwand wird, heißt eben dann Entoderm. Es ist gleichgültig, ob das Entoderm aus der Molekülart A oder der Molekülart B entsteht. Aus diesem Entoderm und aus diesem Ektoderm entsteht aber weiter nichts mehr. Es bleibt bei der Gastrulaform, weil die Wandbeläge der Zellen homogen geworden sind. Die Nachwanderer aus dem Zellkerne können den Wandbelag nicht verändern, weil die Wand selbst unzugänglich ist und die angewachsenen Biomoleküle nach Analogie der Kristallisation nur ihresgleichen sich apponieren lassen. Wenn durch den Turgor und das Wachstum der Zellwand die Moleküle des Wandbelages auseinanderweichen, so lagerr sich in die Zwischenräume wieder nur gleichnamige Moleküle nach Analogie der Kristallisation ein. Wenn aber ein Wandbelag durch sukzessive chemische Metamorphose leblos wird, dann entsteht die Möglichkeit eines neuen Wandbelages, der wiederum aus einer A- und einer B-Fläche besteht. Wir erhalten

dann entweder im Entoderm oder im Ektoderm eine parthenogenetische Zelle, die sich vom Organismus loslösen oder auch eine Zeitlang noch in ihm verbleiben kann, und aus der sich der ganze Organismus neuerdings aufbaut.

Lassen wir nun nicht zwei Molekülarten A und B, sondern deren vier im Zellkern vorhanden sein und von jeder Art viele in den Zelleib auswandern und von dort aus einen Wandbelag bilden. Diesen Belag verteilen wir im Schema auf vier Zellwandviertel so, daß jedes Viertel in sich homogen sei. Wir können auch jetzt noch die Zelle bei der ersten Teilung stofflich symmetrisch geteilt denken. Eine Zelle, die unter solchen Umständen aus dem Zweizellenstadium gelöst wird, wird einen ganzen Organismus von halber gewöhnlicher Größe ergeben, denn sie enthält alle Stoffe im gewöhnlichen Mischungsverhältnisse und in der gewöhnlichen Vierteilung des Wandbelages. War aber die erste Teilung stofflich asymmetrisch, senkrecht zur symmetrischen, so ergibt eine aus dem Zweizellenstadium isolierte Zelle einen halben Organismus gewöhnlicher Größe. Es ist jetzt nur mehr die Hälfte der Stoffarten im Wandbelage enthalten; doch ist jede der übrig gebliebenen Stoffarten in gewöhnlicher Menge und in gewöhnlicher Anordnung gegeben. Wir haben jetzt zwei verschiedene asymmetrische Teilungsmöglichkeiten des Stoffes. Durch die erste Teilung kann die eine Zelle A und B an der Wand enthalten, die andere C und D. Es kann aber auch zuerst in die eine Zelle A und C kommen, in die andere B und D. In jedem Falle schafft die zweite Zellteilung im Vierzellenstadium homogene Wandbeläge. Je nachdem die eine oder die andere asymmetrische Teilungsmöglichkeit zuerst vollzogen wird, ergibt eine aus dem Zweierstadium

isolierte Zelle entweder ein ganzes Entoderm oder ein ganzes Ektoderm, oder einen halben Organismus mit einem halben vorderen Ento- und Ektoderm, oder einen halben Organismus mit einem halben hinteren Ento- und Ektoderm. Einen solchen halben Organismus kann man auch ein vorderes, beziehungsweise hinteres Segment nennen. Wir erhalten aus vier Biomolekülarten zwar nur zwei Segmente, aber diese sind gegeneinander stofflich und auch bezüglich der Anordnung im Raume bestimmt differenziert. Wir halten im Vierzellenstadium vier Zellen, von denen jede nicht nur den Stoff für ein bestimmtes Viertel des Organismus enthält, sondern auch dieses Viertel selbständig hervorzubringen vermag. Die Hypothese ist also von jenen Tatsachen aus, die W. Roux die Mosaikarbeit der sich formenden Naturkörper nennt, retrospektiv konstruiert. Aus dem Teilungsmechanismus des Wandbelages geht auch hervor, daß die Lage der homogen gewordenen Zellen gegeneinander im Raume eindeutig bestimmt ist, solange keine Zerstörung oder Zerwerfung von außen her hinzutritt. Ob eine Störung ausgeglichen werden könne oder nicht, dies ist eine andere experimentelle Frage. Bisher zeigen die Experimente, daß die Ausgleichungen dort, wo sie überhaupt möglich sind, einen anderen Weg als den der ungestörten embryonalen Selbstformung nehmen, wenngleich das Endergebnis fast dasselbe ist, als wenn der normale Weg hätte beschritten werden können. W. Roux fand[1], daß die operierte Furchungszelle des Froscheies später

[1] W. Roux, Über die Selbstregulation der Lebewesen, Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, XIII. Bd., 4. Heft 1902, Seite 613. Diese Schrift enthält einen kurzen Auszug der Forschungsergebnisse Roux' aus der ganzen vorhergehenden Zeit.

noch in Zellen zerlegt wird, „aber nicht auf die normale Weise, d. h. sie wird nicht erst in 2, dann in 4, 8, 16 Zellen etc. geteilt; sondern, nachdem viele Kerne in ihr verteilt worden sind, zerlegt sie sich in viele Zellen zugleich, wonach dann eine verspätete, aber sehr rasch verlaufende weitere Entwicklung sich anschließt, die die bisher fehlende Hälfte des Embryo produziert (Postgeneration). Ist die gestörte Hälfte gar nicht mehr verwendbar, so erfolgt gleichwohl, aber viel später als im vorigen Falle, eine Postgeneration der fehlenden Hälfte, und zwar jetzt rein innerhalb der anderen, zunächst auf normale Weise für sich zu einem halben Embryo entwickelten Eihälfte, und zwar unter Umdifferenzierung schon differenzierter Teile zu den neuen Teilen der zweiten Hälfte."

Unser schematischer Organismus aus vier Biomolekülarten wird noch viele Zellteilungen erfahren und dadurch bedeutend vergrößert werden können. Mit der stofflichen Differenzierung der Zellen hat es aber ein Ende, weil die Wandbeläge nach der dritten Zellengeneration homogen geworden sind.

Wird die Entwicklung nicht gestört, so haben wir bei vier Biomolekülarten nicht nur einen Gegensatz zwischen Entoderm und Ektoderm, sondern auch einen Gegensatz zwischen zwei stofflich ungleichen Segmenten, von denen das eine das vordere, das andere das hintere zu nennen sein wird. Ein Gegensatz zwischen Rechts und Links fehlt noch. Der Körper wird unendlich viele Symmetrieebenen haben. Er kann zu einem hohlen Schlauche mit einer oder mit zwei Öffnungen geformt werden. Der stoffliche Gegensatz der Segmente wird bewirken können, daß sich ein vorderes Segment des Ektodermes von einem hinteren auch morphologisch irgendwie kenntlich abhebt.

Ebenso wird sich ein Segmentengegensatz im Entoderme entwickeln. Die Segmente haben möglicherweise eine verschiedene Geschwindigkeit der Zellteilung oder verschieden große Zellen, oder auszeichnende Zelleninhalte, oder abweichende Formen der Zellwände; kurzum, irgendwelche morphologische Gegensätze, keinesfalls aber einen Unterschied zwischen Rechts und Links, zwischen frons und tergum.

Diesen Gegensatz zwischen Rechts und Links, zwischen frons und tergum, bekommen wir nicht einmal mit sechs Biomolekülarten. Dazu gehören deren mindestens acht. Denken wir uns eine kugelförmige Zellwand in Quadranten geteilt. Ziehen wir einen Parallelkreis zum Äquator, so zerfällt jeder der beiden oberen Quadranten in ein Kugelflächendreieck und in ein Kugelflächenviereck. Ziehen wir einen zweiten Parallelkreis durch die zwei unteren Quadranten, so geschieht das gleiche. Wir erhalten im ganzen acht Flächen, die wir untereinander gleich groß sein lassen können. Die aus dem Kerne auswandernden Biomolekülarten verteilen wir nun so, daß jedes der acht Wandstücke einen in sich homogenen, anwachsenden Belag erhält. Die Frage, wie es möglich ist, die Moleküle so regelmäßig an die Wand zu bringen, wollen wir vorläufig beiseite lassen. Jetzt handelt es sich nur darum, über das Erfordernis der geometrischen Orientierung Klarheit zu gewinnen. Es wird sich später zeigen, ob diese Erfordernisse mit natürlichen Mitteln beschafft werden können oder nicht.

Um ein Kugelmodell zu umgehen, können wir die Anordnung der acht Felder A bis H in Merkatorprojektion darstellen. Der horizontale Strich bedeute den Äquator. Die zwei vertikalen ausgezogenen Striche bedeuten einen Meridian. Die punktierten Striche bedeuten einen anderen, um 90° gedrehten

Meridian. Da die Teilungen bald zwischen zwei Feldern gehen, bald mitten durch ein Feld hindurch, so ist es notwendig, den homogenen Belag eines Feldes mit zwei Buchstaben anzudeuten. Eine Teilungslinie, die ein Feld in der Mitte teilt, geht dann zwischen zwei gleichen Buchstaben hindurch. Die Unterteilung der Quadranten durch die Parallelkreise ist hier durch keine Linie gezeichnet, sondern nur durch die Übereinanderstellung der Buchstaben. Der Grund für diese Unterlassung ist der, daß hier keine der ersten drei Zellteilungsebenen hindurchgeht, sondern erst spätere Teilungen die Wandbeläge in gesonderte Zellen bringen. Wir erhalten also in Mercatorprojektion:

A	C	C	A
B	D	D	B
E	G	G	E
F	H	H	F

Auch nach diesem Schema sind drei aufeinanderfolgende und zueinander schon in der Eizelle senkrecht orientierte Zellteilungsebenen möglich, deren Abfolge gleichgültig ist, weil sie auf die Differenzierung des Stoffes nicht mehr zurückwirkt. Die Äquatorebene teilt den Wandbelag in vier Felder für das Entoderm A B C D und in vier Felder für das Ektoderm E F G H. Senkrecht darauf, durch die ausgezogenen Linien in Mercatorprojektion dargestellt, wird derselbe Wandbelag in vier Felder A B E F für das vordere Segment (Anterius) und in vier Felder C D G H für das hintere Segment (Posterius)[1] geteilt. Im rechten Winkel dazu, wiederum senkrecht auf den Äquator, ist noch eine Teilungsebene möglich, die in der Projektion durch punktierte Linien angedeutet wird. Hier

[1] Nicht im Gegensatze zu facies, sondern wie pes posterior im Gegensatze zu pes anterior.

wird der Wandbelag in acht Felder A C B D E G F H für links und in acht Felder A C B D E G F H für rechts geteilt. Diese Teilungsebene bereitet die medianen Körpergegensätze vor. Die Achtzahl kommt zustande, indem ein halbes A-Feld nach links, das andere halbe nach rechts gegeben wird. Das Gleiche geschieht mit jedem Felde. Die Halbfeder A B C D sind linkes Entoderm, die anderen Halbfelder A B C D sind rechtes Entoderm; die Halbfelder E F G H sind auf der einen Seite linkes, auf der anderen Seite rechtes Ektoderm in Vorbereitung. Im Wandbelage ist Ekto- und Entoderm früher gesondert als in den ganzen Zellen.

Lassen wir jetzt die erste Teilungswand durch die punktierten Linien gehen und denken wir uns die Felder aus der Mercatorprojektion wieder an die Kugelwand zurückversetzt. Aus der isolierten Zelle des Zweierstadiums wird sich jetzt entweder ein linker oder ein rechter halber Organismus von normaler Größe entwickeln. Alle Anlagen sind zueinander symmetrisch. Alle Arten der Entwicklungsstoffe sind erhalten, und nur der Menge nach halbiert. Es befindet sich in der Anlage das halbe Entoderm, das halbe Ektoderm, das halbe vordere und das halbe hintere Segment. Die vordere Segmentanlage umfaßt das halbe A, das halbe B, halbe E und halbe F. Die hintere Segmentanlage umfaßt das halbe C, halbe D, halbe G und halbe H.

		rechts		links	
Entoderm	frons	A	C	C	A
	tergum	B	D	D	B
Ektoderm	tergum	E	G	G	E
	frons	F	H	H	F

Die Anlagen für die Bauch- und Rückenseite können durch die ersten drei Teilungsebenen nicht getroffen werden. Daher kann die isolierte Zelle aus dem

Zweierstadium eine linke Hälfte, aber nicht die Bauchseite des Organismus allein produzieren. Durch spätere Zellteilungen entwickelt sich erst innerhalb der linken oder rechten Hälfte der Gegensatz zwischen frons F und tergum E ektodermal und gleichzeitig zwischen frons A und tergum B entodermal im vorderen Segmente. Analog verläuft die Differenzierung im hinteren Segmente. Aus der geometrischen Anordnung erhellt, daß die Rückseite nur durch zwei symmetrische Teile möglich wird, und ebenso die Bauchseite.

Wenn aber die erste Zellteilung durch die ausgezogenen Linien ging, was eben so gut möglich war, und jetzt eine Zelle aus dem Zweierstadium isoliert wird, so ergibt die Entwicklung entweder ein Anterius oder ein Posterius, in jedem Falle einen halben Organismus normaler Größe. Die Anlage für das vordere Segment umfaßt entodermal die Felder A und B ganz, ektodermal die Felder E und F ganz. Die Anlage für das hintere Segment umfaßt entodermal die Felder C und D ganz, ektodermal die Felder G und H ganz.

		vorne	hinten
Entoderm	frons	A	C
	tergum	B	D
Ektoderm	tergum	E	G
	frons	F	H

Bei ungestörter Entwicklung wird sich auch hier ein Gegensatz zwischen Entoderm und Ektoderm ergeben, sobald die heterogenen Wandbeläge in gesonderte Zellen verteilt sind. Die Einstülpung muß durch Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit erfolgen und zur Gastrulaformung führen. In der Gastrula steckt eine bilaterale Symmetrie der Anlage, die ebenso durch Unterschiede in der Wachstumsgeschwin-

digkeit zur Entwicklung drängt. In dieser Symmetrie ist schon der Gegensatz zwischen frons und tergum mitenthalten, ohne welchen es eben unendlich viele Symmetrieebenen geben müßte. Damit sind wir am Ende der stofflichen Differenzierung angelangt, aber nicht am Ende der Zellteilungen. Die Teilungen der Zellen mit homogenen Wandbelägen ergeben dann mehr oder weniger große Gewebe.

Es zeigt sich also, daß die Differenzierung der Organismen von räumlich bestimmt orientierter Form mit der Zahl der Biomolekülarten im Zellkerne zunimmt. Mit einer einzigen Molekülart kann man durch divergente Reaktionenketten die gesamte stoffliche Differenzierung eines großen Organismus erklären, nicht aber die im Raume bestimmt orientierte Verteilung der Differenzierungsprodukte. Acht Biomolekülarten ist die kleinste Zahl für einen Organismus, der einen Keimblattgegensatz, einen Segmentgegensatz und einen Symmetriegegensatz Rechts-Links enthalten soll. Die Zahl der zu entwickelnden Segmente ist mit der Zahl der Biomolekülarten für den Keimblattgegensatz zu multiplizieren. Es ergibt sich daraus das Erfordernis einer großen, aber nicht übermäßig großen Biomolekülzahl für jede Art.

Bei dieser schematischen Darstellung habe ich eine gewisse Frage absichtlich nicht berührt. Ich ließ nämlich gleichgroße Belagsfelder entstehen, deren jedes in sich homogen war, ohne zu erklären, wie diese regelmäßige Anordnung zustande kommen könne.

Hier ist nun der Punkt, wo jede künftige Hypothese an den Begriff der Kristallisation wird näher herantreten müssen, als es bisher geschehen ist. Man pflegt zu sagen, ein Kristall bestehe aus homogenen, mindestens aus isomorphen oder auch homoiomorphen Molekülen und sei starr; ein Organismus hingegen

bestehe aus heterogenen Molekülen und bilde wenigstens regelmäßig im Tierreiche ein selbstbewegliches System. Die Bestimmtheit der Form begründe daher nur eine sehr äußerliche Ähnlichkeit zwischen dem Kristalle und dem Organismus. So richtig dies auch ist, so beruhigt man sich doch zu früh bei dieser Unterscheidung, und übersieht, daß es auch Aggregationsgesetze der heterogenen Moleküle gibt, und daß sogar die Kristallisation nicht auf den homogenen Molekülen, sondern auf den heterogenen Atomen beruht.

Wir wissen, daß gewisse kleine Moleküle sich von selbst zu Kristallen zu aggregieren vermögen. Diese Kristalle haben ausgesprochene Aggregationsachsen, die offenbar mit der chemischen Konstitution zusammenhängen. Kochsalzmoleküle aggregieren sich mit Kochsalzmolekülen. Dabei scheint je ein Natriumatom je ein Chloratom mit einem Reste überschüssiger chemischer Affinität festzuhalten. Dieser Rest ist zu schwach, um den Molekülverband zu sprengen, und doch stark genug, um die Moleküle aneinander in bestimmt gerichteter Lage zu fesseln. Auf diesem Reste von Chemismus beruht jede Kristallisation. Es ist Nebensache, ob man den Chemismus selbst wiederum durch Elektrizität oder durch Schwere oder durch Uratomstöße erklären will. Wir haben zum Beispiele die bestimmte Anordnung zweier Moleküle NaCl in folgender Anordnung:

Na—Cl
Cl—Na.

Parallel mit der Ebene des Papieres folgt darauf eine zweite Anordnung:

Cl—Na
Na—Cl.

Dadurch wird ein würfelförmiger Umriß vollendet.

Die Moleküle selbst sind nämlich keine Dinge, sondern nur Spielbezirke von Atomen mit lebhaften Bewegungen dieser Atome. Man kann daher nicht von einer Molekülform im Sinne einer Kugel oder eines Ziegelsteines reden, sondern nur im Sinne der Form des Umrisses eines Spielbezirkes, der von den Atomen nicht verlassen wird, sich aber mit der Temperatur ändert. Dieses Kochsalzwürfelchen kann sich mit anderen Würfelchen weiter aggregieren. Jedes Natriumatom ist nur von Chlor umgeben, und jedes Chlor nur von Natrium. Die Voraussetzung der Baufähigkeit ist: gleiche Größe der Moleküle und hinreichende chemische Affinität, das heißt ein noch hinreichender Rest überschüssiger Anziehung. Hier in diesem Beispiele folgt die Gleichheit der Molekülgrößen aus der Gleichheit der chemischen Konstitution. Es kann aber auch anders kommen.

Kalkspat $CaCO_3$ und Magnesit $MgCO_3$ kristallisieren zusammen. Sie heißen deshalb isomorph. Die chemische Ungleichheit von Calcium und Magnesium ist hier nicht wichtig. Die Hauptsache bleibt es, daß Mg von allen Seiten von CO_3 umgeben ist, und ebenso jedes Ca. Da die Molekülgrößen nur wenig verschieden sind, so ist die Kristallisation möglich:

$$
\begin{array}{ccccc}
 & Ca \cdots & CO_3 & \cdots Mg & \\
 / & & & / & \\
CO_3 & & & CO_3 & \\
 / & & & / & \\
Mg \cdots & CO_3 & \cdots Ca & &
\end{array}
$$

Wenn wir hingegen Kochsalz und Kupfervitriol zusammenbrächten, so hätte wohl die Schwefelsäure genügend überschüssige Affinität für das Natrium, und das Chlor für das Kupfer, aber die Molekülgrößen sind zu ungleich, als daß eine regelmäßige Fortsetzung der Aggregation zweier Moleküle möglich wäre. In-

folgedessen gibt es alle Übergänge von der Heteromorphie durch die Homoiomorphie zur Isomorphie.

Dieselbe Aggregation, die wir bei kleinen Molekülen der unbelebten Materie isomorphe und homoiomorphe Kristallisation nennen, wird auch zwischen Riesenmolekülen stattfinden, weil dort die gleichen Ursachen wirksam sind. Zwei chemisch gleiche, sowie zwei teilweise gleiche, das heißt hinreichend homoiomorphe oder geradezu isomorphe Biomoleküle werden sich so gut wie Salzmoleküle in einem genau bestimmten Lagenverhältnisse und in keinem anderen aggregieren. Die entgegengesetzten Qualitäten werden sich festhalten wie vorhin:

Na—Cl
Cl—Na.

Es ist damit nicht gesagt, daß die Aggregate von Biomolekülen die Form und die physikalischen Eigenschaften der natürlichen und künstlichen Kristalle haben müßten. Im Gegenteile. Vergleichen wir die Form der Kalkspat-Magnesit-Kombination (Seite 235) mit dieser Form der zwei Kochsalzmoleküle, so ersehen wir schon den Einfluß der Molekülllänge. Wenn manche Biomoleküle sehr lang sind, mit kürzeren Querketten, so können sie nur Netzwerke bilden, die dann nur das Analogon der Kristalle sind. Da diese Biomoleküle bei ihrer großen Länge eine große Innenbeweglichkeit und Formbewegtheit haben werden, so können diese Netzwerke nicht hart sein. Das Analogon des Kristalles wird daher bei diesen Molekülen überhaupt nur ein weiches, maschenförmiges Aggregat sein können, das vorzugsweise in die Fläche entwickelt ist. Durch Aggregation von flachen Netzen kann das Aggregat an Körper gewinnen.

Während ein harter Kristall aus konstanten Molekülen besteht und durch Chemismus sofort aufgehoben

wird, höchstens in der Pseudomorphose den Umriß beibehält, können die Riesenmoleküle des weichen Aggregates in den Seitenketten allerlei Substitutionen erfahren, ohne daß dadurch die Aggregation als solche gestört wird. Es genügt, daß jene Atome der Hauptkette und der Seitenketten erster Ordnung unberührt bleiben, durch welche die Zusammenhaltung des Aggregates besorgt wird.

Das Aggregat aus Riesenmolekülen wird auch keine starren Formen entwickeln müssen, weil die einzelnen Moleküle innerhalb des netzförmigen Verbandes sogar automatisch schlängelnde Bewegungen ausführen können.

Sind gewisse Biomoleküle vorzugsweise in die Fläche gleichmäßig entwickelt, so können sich viele Moleküle durch parallele Schichtung entweder nach Art der Kristalle oder durch echte chemische Polymerisierung[1] zu einem selbst meterlangen Faden vereinigen, dessen Querschnitt nur Molekülgröße hat. Auch diese Formung ist ein Analogon des Kristalles, trotz der äußeren Unähnlichkeit.

Bei der Aggregation von Riesenmolekülen handelt es sich in erster Linie darum, ob der Rest der überschüssigen chemischen Affinität hinreicht, das eine Ende des Moleküles an einem bestimmten Ende eines anderen Moleküles zu fixieren, so wie das Natriumatom eines Kochsalzmoleküles noch stark genug ist, das Chloratom eines anderen Moleküles festzuhalten.

Wir hätten zum Beispiele ein Biomolekül mit zwei entgegengesetzten Punkten b und c. Ein zweites Biomolekül der gleichen Art wird sich nicht so: b—cc—b,

[1] Auf die Bedeutung der Polymerisierung für das Verständnis der lebenden, insbesondere der nervösen Substanz hat vor allem E. Pflüger hingewiesen, vgl. Seite 119 u. 136.

sondern so: b—cb—c aggregieren. Kommt aber statt dessen ein zweites Molekül anderer Art mit den entgegengesetzten Punkten d—e heran, so erfolgt auch die Vereinigung mit diesem heterogenen Moleküle: b—cd—e. Die Ungleichheit der Moleküle als solche ist nebensächlich. Wenn d einen größeren Affinitätsrest für c hat als b, so wird sogar das gleiche Molekül b—c, wenn es noch nicht an die Zellwand angewachsen ist, durch das ungleiche d—e aus dem Aggregate hinausgedrängt werden.

Es seien zum Beispiele zwölf Biomoleküle mit den entgegengesetzten Punkten b—c, d—e . . . . usf. bis y—z gegeben. Ist der Affinitätsrest für c am größten bei d, so werden sich aus diesen zwölf Molekülen gerade diese zwei in folgender Ordnung aggregieren: b—cd—e, und in dieser Ordnung an die Zellwand anwachsen können. Hat wiederum f den größten Affinitätsrest für e übrig, so schließt sich f—g daran: b—c d—e f—g und so fort bis y—z.

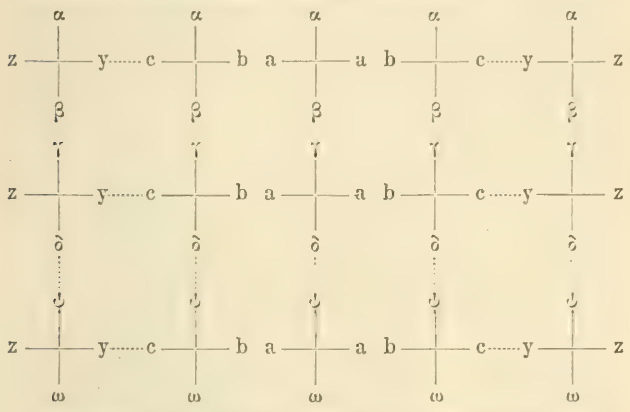
Beginnen wir mit einem symmetrisch gebauten Moleküle, das zwei gleiche Gegenpunkte a hat, so erhalten wir einen symmetrisch gebauten Molekülfaden:

z—y x—w . . . . e—d c—b a—a b—c d—e . . . . w—x y—z.

Denken wir uns zunächst diesen Faden in irgendeinem größten Kugelkreise der Zellwand angelegt.

Jedes dieser Biomoleküle habe nun eine Querachse für die Aggregation. Die Gegenpunkte seien mit griechischen Buchstaben benannt. Es gebe zwölf Molekülarten der Längsachse b—c, die sich durch die Querachsen α—β, γ—δ usf. unterscheiden sollen. Wir können nun senkrecht beziehungsweise quer auf den bereits gewonnenen Molekülfaden 25 weitere Fäden entstehen lassen, wobei wir dieselben hypothetischen Vorgänge wie früher walten lassen. Wir er-

halten dann einen ganzen Wandbelag; das heißt, einen Belag, der zunächst für die Einleitung der Ontogenese eines bilateralen Organismus ausreicht:



Wir haben jetzt nicht mehr wie im letzten Schema 8, sondern 300 Felder. Jedes Feld ist in sich homogen, und die Gleichartigkeit bildet kein Problem mehr, denn das Feld besteht aus einem einzigen Moleküle riesiger Größe. Die Anordnung der heterogenen Moleküle erfolgt aus denselben Ursachen, aus denen Kristalle hervorgehen, während hier kein Kristall, sondern ein gesetzmäßig kombinierter Wandbelag gebildet wird. Die Zahl der erforderlichen Biomoleküle ist für dieses Schema 156, von denen je 12 zu einer isomorphen Gruppe zusammengehören. Alle Moleküle mit den Gegenpunkten α—β bilden eine isomorphe Gruppe, ebenso alle mit den Gegenpunkten γ—δ usf. Dieselben Moleküle gehören gleichzeitig zu je 13 zu anderen isomorphen Gruppen zusammen, indem alle Moleküle mit den Gegenpunkten a—a, dann mit den Gegenpunkten b—c usf. begrifflich erfaßt werden.

Wenn nun die Moleküle von α—β bis einschließlich λ—μ die Entodermanlage vorstellen, und alle Moleküle von ν—ξ, bis ψ—ω die Ektodermanlage, so haben wir bereits einen Wandbelag, der sehr leistungsfähig ist. Der Organismus wird bilateral sein, 13 heterogene Segmente in bestimmter Nacheinanderordnung besitzen, und jedes Segment hat eine sechsteilige ektodermatische und eine sechsteilige entodermatische Differenzierung dem Stoffe nach. Durch die physiologische Wechselwirkung der werdenden Teile aufeinander, sowohl im Sinne des Kampfes als im Sinne der Unterstützung, wird die gesamte Entwicklung in eine natürliche Form gebracht. Eine geometrische Anlage muß aber vorhanden sein, sonst spielen sich diese Kämpfe und diese Unterstützungen in der Luft oder zwischen unentwirrbaren und daher gegeneinander homogenen Gemengen statt.

Hätte das Mosaik durchaus gleiche Breite wie in diesem Schema, so könnte man damit nicht restlos eine Kugelfläche bekleiden. Das Mosaik könnte höchstens ein äquatoriales Band ausmachen; große Segmente an den Polen müßten entweder leer bleiben oder nach einem anderen Gesetze belegt werden. Diese Schwierigkeit ist leicht zu beheben, wenn das Mosaik 2, 3 oder noch mehr Breitenmaxima hat und ebensoviele Breitenminima. Mit anderen Worten, die Gesamtlage muß aus einer kleineren oder größeren Zahl von Kugelzweiecken bestehen. Die Zahl der Biomoleküle einer Segmentanlage muß in unmittelbar aufeinanderfolgenden Segmentanlagen entweder steigen oder fallen.

Es ist nicht wahrscheinlich, daß von jeder Molekülart genau zwei an die Wand gelangen. Auf jedes Molekül kann sich eine größere Zahl homogener auflagern, wodurch nur das Dickenwachstum der Zell-

wand gefördert, aber der Charakter der Anlage nicht berührt wird.

Beim Flächenwachstum der Zelle werden die Moleküle durch den Turgor des Zellinhaltes auseinandergedrängt und die Lücken durch gleichnamige Moleküle ersetzt:

$$\begin{array}{ccc} & \alpha & \\ & | & \\ b & - & c \\ & | & \\ & \beta & \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} & \alpha & \\ & | & \\ d & - & e \\ & | & \\ & \beta & \end{array}$$

Daraus wird:

$$\begin{array}{ccc} & \alpha & \\ & | & \\ b & - & c \\ & | & \\ & \beta & \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} & \alpha & \\ & | & \\ b & - & c \\ & | & \\ & \beta & \end{array} \qquad \begin{array}{ccc} & \alpha & \\ & | & \\ d & - & e \\ & | & \\ & \beta & \end{array}$$

Diese Art von Wandbelag reicht auch für den pentameren Seeigel aus, weil die Seeigellarve zunächst nur bilateral gebaut ist. Die pentamere Anlage scheint erst später neuerdings geformt zu werden, denn jedes Fünftel eines fertigen Seeigels hat wiederum seinen eigenen Gegensatz Rechts-Links, seine eigene segmentale Differenzierung und seinen eigenen Entoderm-Ektodermgegensatz.

Der Wandbelag wird zunächst in jeder parthenogenetischen Eizelle und dann in jeder befruchteten Eizelle erneuert werden; dann auch bei der Entstehung eines ganzen kleinen Polypen aus einem beliebig großen, aus der ganzen Dicke der Leibeswandung ausgeschnittenen Stücke einer Hydra und bei ähnlichen Experimenten. Es ist wahrscheinlich, daß bei allen Regenerationen aus Zellenhaufen eine bestimmte aus diesen Zellen wie eine parthenogenetische Eizelle wirkt, und daß die Umgebung nur die Entstehung dieser Eizelle vorbereitet.

Der Wandbelag kann auch serienweise erfolgen wie beim Generationswechsel der Polypen. Die geänderten Ernährungsverhältnisse und die sukzessive chemische Differenzierung der Zellen können bewirken, daß bei Beginn der zweiten Generation ein neuer Wandbelag geformt wird, der zwar aus denselben Biomolekülarten besteht wie in der befruchteten Eizelle, aber doch in einem anderen Mengenverhältnisse, weil die Zellkerne einer anderen Ernährung ausgesetzt waren. Es kann auch ein Wandbelag allmählich absterben und von einem neuen gedeckt werden, so daß der Umschlag in der Entwicklung nicht von einer bestimmten Zelle, sondern von einem ganzen Zellenkomplex auf einmal auszugehen scheint. Es kann auch der zweite Wandbelag anders ernährt werden als der erste, so daß die Körperentwicklungen in den aufeinanderfolgenden Stadien des Generationswechsels komplementär sind.

Es ist nicht notwendig, daß die Serie der neuen Wandbeläge drastisch als Generationswechsel oder als Metamorphose sichtbar wird. Es kann unauffälligerweise in jedem Organismus eine größere Serie von neuen Wandbelägen erfolgen, so daß jede Entwicklung sozusagen in Schüben vor sich geht. Diese Annahme wird durch die Regeneration verlorener Teile und durch die Regulation der Selbstformung nach Entwicklungsstörungen sehr nahe gelegt. Die nachträglichen Wandbeläge können Anlagen für ganze Organismen sein, von denen ein Teil verkümmert, während der zur Ernährung passende andere Teil sich entwickelt. Auch die Umordnung des Zellencharakters bei der Postgeneration deutet auf neu erfolgte Wandbeläge hin, die schon vorhandene absterbende ersetzen. Die Verhältnisse werden dadurch kompliziert, daß es auch Doppelanlagen für bestimmte

Teile geben kann, von denen sich regelmäßig nur eine entwickelt, während die andere in einer oder in einigen wenigen Zellen zur Reserve zurückbleibt. In dieser Weise ist die Regeneration verlorener Extremitäten bei den Lurchen am ungezwungensten zu erklären. Die zurückgebliebene Anlage gleicht einem schlafenden Auge der Gewächse. Der Verlust des betreffenden Gliedes ist die Bedingung der Entwicklung der Reserveanlage. Wenn sich die Reserveanlage bei ihrer Entwicklung wiederum verdoppelt, wie es die Uranlage getan hat, dann kann auch das regenerierte Glied verloren gehen und abermals regeneriert werden. Man denke sich zum Beispiele aus einer Ganzanlage einen kleinen Bezirk abcd herausgegriffen. Diese Anlage sei durch Apposition der Biomoleküle vervielfältigt. Die an die Wand angewachsenen Elemente abcd machen das Wachstum und die Teilung der Zellen mit und seien bereits auf vier Zellen verteilt, deren jede in sich homogen geworden ist. Die apponierte Anlage, die nur mit a angewachsen war, und daher durch den Zellenturgor nicht auseinandergedrängt wurde, kann in ursprünglicher Kleinheit an einem Punkte der Zelle a hängen geblieben sein. Diese kleine, in einer einzigen Zelle befindliche Anlage abcd ist die Reserveanlage für die Regeneration des Teiles. Diese Reserve kann sich in derselben Weise verdoppeln, wenn sie zum anwachsenden neuen Wandbelage wird, so daß das Regenerationsvermögen theoretisch ins Unendliche geht. Es kann aber nur dasjenige regeneriert werden, wozu die Reserveanlage da ist. Der Ausgang der Regeneration ist auf bestimmte Zellen beschränkt. Bei der Differenzierung der schlafenden Anlage werden die neuen Zellen solange einen embryonalen Charakter haben, als die Wandbeläge nicht homogen geworden sind.

Man ist daran gewöhnt, das entwicklungsgeschichtliche Problem in die zwei Worte zu fassen: Post- oder Präformation. Die Regenerationen, sozusagen die Erscheinungen eines Triebes, einen verstümmelten Organismus wieder zu einem Ganzen herzustellen; die regelrechte Entwicklung nach einer Verlagerung der Blastomeren in einer Furchungsplatte mit nachgeholter Abrundung in eine Blastula bereiten der Präformationslehre große Schwierigkeiten. Ich möchte darauf aufmerksam machen, daß die Fragestellung nicht erschöpfend ist. Es gibt noch ein Drittes neben Prä- und Postformation. Es ist nämlich noch möglich, daß es im Zellkerne keine Präformation, sondern nur Bildungsstoffe gebe; hingegen im plasmatischen Wandbelage keine Postformation, sondern nur präformierende Aggregation der letzten Lebenseinheiten. Nicht der Wandbelag ist präformiert, sondern die zukünftigen Zellen sind in ihrer Differenzierung durch Zellwandfragmente qualitativ und geometrisch (das heißt der Lagerung nach) vorausbestimmt, solange keine Verstümmelung und keine Verlagerung erfolgt. Der sich entwickelnde Zellbelag verhindert die Anlage eines neuen, indem die neu apponierten Lebenseinheiten nur die Verdickung, und die neu intussuszipierten die Vergrößerung der Zellhaut bewirken. Stirbt aber der Wandbelag ab, weil z. B. die Zellen verlagert werden und dadurch die Ernährung unrichtig wird, so kann ein völlig neuer Wandbelag entstehen. Geht dieser vom Kerne aus, so wird ein kleiner ganzer Organismus entstehen. Geht er vom absterbenden Wandbelage nach Art des schlafenden Auges aus, so wird nur die Anlage zu einem bestimmten Teile des Organismus erneuert werden können. Wird ein befruchtetes Seeigelei durch Druck zur Entwicklung in einer Scheibenform gezwungen, so sind die Wandbeläge

gegeneinander nichtsdestoweniger differenziert. Nach Aufhebung des Druckes orientieren sich die Zellen im Sinne der sich rundenden Blastula, weil die Spannungsverhältnisse zwischen den Zellwänden dies so erfordern. Es sind nicht zwei verschiedene Prinzipien notwendig: eines für die normale Entwicklung und eines für die Regeneration.

Diese Hypothese ist auch der Regel von Mendel[1] (1822—1884) angepaßt. Einer der vielen Mendelschen Versuche bestand darin, daß eine rotblühende Erbsensorte mit einer weißblühenden gekreuzt wurde. In der ersten Generation blühten alle Abkömmlinge rot. In der zweiten, durch Inzucht gewonnenen, blühte ein Viertel der Abkömmlinge weiß und drei Viertel rot. Die weißblühenden blieben in der Nachzucht weiß. Von den rotblühenden drei Vierteln bleibt ein Viertel verläßlich rotblütig. Die anderen zwei Viertel setzen die Entmischung nach derselben Regel fort: ein Viertel der nächsten Generation aus diesen ist bleibend weißblütig, ein Viertel ist bleibend rotblütig, zwei Viertel unterliegen wieder der Entmischung nach derselben Regel.

Wenden wir die Hypothese auf diesen Fall an. Bei der Befruchtung entsteht der neue Wandbelag von beiden Zellkerninhalten aus. Der rote Farbstoff ist nicht selbst vorhanden, wohl aber jenes Biomolekül, zu dessen Derivaten der rote Farbstoff gehört. Die rote Blütenfarbe ist nicht das „dominierende" Merkmal, sondern einfach das einzige positiv vorhandene Ding. Weiß heißt hier soviel wie nichts. Nun ist es ganz gleichgültig, ob sich dieses Erythrogen

[1] Versuche über Pflanzenhybriden 1865 und „Über einige aus künstlicher Befruchtung gewonnene Hieracium-Bastarde", 1869 in Ostwalds „Klassiker", Nr. 121, Leipzig 1901.

im männlichen oder im weiblichen Kerne befinde. Der neue Wandbelag wird von beiden Kernen im Wettbewerbe hergestellt. Daher blühen alle Abkömmlinge der ersten Generation rot. Dies besorgt der Wandbelag. Ob aber die Rotblütigkeit erblich sei oder nicht, dies hängt ganz davon ab, ob das Erythrogen auch in den Kern gelangt sei. Der weibliche Kern kann sich mit der Substanz des männlichen Kernes so vereinigen, daß die erste Zellteilung die vereinigten Kerne wieder so trennt, wie sie zusammengekommen sind. Das heißt, in die eine Zelle wandert der Kern weiblicher Herkunft und in die andere der Kern, der aus dem Pollenschlauch stammt. Die Verschmelzung der Kerne ist nicht als solche notwendig. Der männliche Kern suchte einen neuen Zelleib, der ihn ernähren kann. Die Verschmelzung des Einwanderers mit dem autochthonen Kerne ist nicht allzu wichtig; sie ist nur unvermeidlich. Der eine der beiden Kerne im Zweizellenstadium enthält dann das Erythrogen, der andere nicht. Nun handelt es sich darum, wohin jeder der neuen Kerne gelangt. Aus der befruchteten Erbsen-Eizelle entwickelt sich einerseits die Hypophyse, andrerseits die Embryonalkugel. Der erythrogenhaltige Kern kann ebensogut in die Hypophyse gelangen als in die Embryonalkugel. In der Hälfte der Fälle wird das eine stattfinden, in der anderen Hälfte das andere, so gut wie mit einem Würfel in der Hälfte der Fälle eine gerade Zahl von Augen geworfen wird. Gelangt das Erythrogen in die Hypophyse, so ist es mit dem Blühen aus diesem Kerne heraus überhaupt, daher auch mit dem Rotblühen, vorbei. Aus diesem Teile entstehen keine Blüten, wenngleich das Erythrogen im Kerne der befruchteten Eizelle enthalten war. Hier hilft kein Dominieren. Gelangt das Erythrogen in die Embryonal-

kugel, so wird es sich seinerzeit in dem Kerne der neuen Eizelle vorfinden, nicht aber als erster Farbstoff, denn diesen entwickelt der Wandbelag.

Die erste Generation wird also durchwegs infolge des gemeinsam erzeugten Wandbelages rot blühen. Die Abkömmlinge in der zweiten Generation haben verschiedene Erzeuger. Die Hälfte der Erzeuger wird einen erythrogenhaltigen Keimzellenkern haben, die andere Hälfte nicht. Teilen wir die Erzeuger nach Perzenten. Fünfzig Kerne sind erythrogenhaltig, fünfzig sind es nicht. Von diesen ersten fünfzig kommen fünfundzwanzig mit erythrogenhaltigen zusammen, und fünfundzwanzig mit erythrogenfreien. Von den zweiten fünfzig erythrogenfreien kommen fünfundzwanzig mit erythrogenhaltigen zusammen, und die letzten fünfundzwanzig wieder mit erythrogenfreien. Wir haben also in der Summe fünfundzwanzig beiderseitig Erythrogenhaltige, die unbedingt rotblühende Wandbeläge erzeugen und die rote Blütenfarbe vererben müssen, weil sie in beiden Kernhälften der befruchteten Eizelle enthalten ist. Dann haben wir fünfundzwanzig beiderseits Erythrogenfreie, die weißblühende Wandbeläge erzeugen müssen und ebenso die weiße Blütenfarbe vererben, weil beiden Kernhälften der befruchteten Eizelle das Erythrogen fehlt. Dann endlich haben wir fünfzig Fälle, wo ein rotblühender Wandbelag erzeugt wird, also die nächsten Abkömmlinge rot blühen müssen, hingegen das Erythrogen nur in einer der beiden Kernhälften der befruchteten Eizelle enthalten war, daher in der Hälfte der Fälle in die Hypophyse wanderte, in der anderen Hälfte in die Embryonalkugel. Wir erhalten als ein Viertel der Menge weißblühend, und drei Viertel rotblühend. Davon sind aber bezüglich der Vererbbarkeit zwei Viertel sozusagen kernweiß und andere zwei Viertel kernrot.

Für andere Eigenschaften und andere Arten kommen auch andere Zahlenverhältnisse vor. Die Unterscheidung zwischen dem Kerne und dem Wandbelag hilft in allen Fällen für eine retrospektive Konstruktion. Die Zahl 1:3 entspricht den einfachsten Verhältnissen, nämlich einem positiven Merkmale gegenüber nichts, und im übrigen der Gleichmächtigkeit des weiblichen und männlichen Zellkernes.

Die Selbstordnung der Biomoleküle zu einem bestimmten Mosaik eines Wandbelages scheint das gleiche Wunder zu sein, wie die Selbstordnung der Wörter der Odyssee zum Epos. Dieser Schein trügt, denn den zerworfenen Wörtern fehlt die automatische Anziehung aneinander.

Es ordnet sich zunächst wahrscheinlich alles mit Hilfe der relativ stärksten Anziehung. Wenn zum Beispiel eine Molekülart mit den Aggregationspunkten q und r im Kerne fehlt, so entsteht im Wandbelag keine Lücke, sondern an das Biomolekül mit den Aggregationspunkten o und p schließt sich das Molekül mit den Aggregationspunkten s und t an:

o—p s—t,

wenn das Atom oder die Atomgruppe in s die nächst starke Anziehung nach q besitzt. Der Aggregationspunkt s ist jetzt korrelativ zu p unter allen vorhandenen der relativ am stärksten anziehende und angezogene. Natürlich wird der Ausfall der Molekülart q—r die somatische Entwicklung verändern.

Manche Molekülarten ergaben vielleicht einen Wandbelag, der sich zu einem lebensunfähigen, widersinnigen Fehlorganismus entwickeln mußte. Da diese Bildungen durch Selektion beseitigt wurden, so war alles, was übrig blieb, entweder in hohem Grade in sich zweckmäßig, oder in mittelmäßigem Grade, oder eben noch an der Grenze der Lebensfähigkeit. Wir

sollen nicht immer die Menge des in sich Zweckmäßigen mit dem Nichts vergleichen, sondern mit der größeren Menge des Unzweckmäßigen, das zu entstehen aber nicht sich zu erhalten vermochte.

Vielleicht wendet man auch ein, daß die Biomoleküle im Zellkerne genug Gelegenheit hätten, sich zu aggregieren, und daß sie durch die Aggregation im Zellkerne an der Auswanderung verhindert würden. Es ist sogar wahrscheinlich, daß diese Biomoleküle sich nicht ausschließlich in den Chromosomen befinden, sondern außerhalb dieser Körperchen, und daß die Chromosomen zum mechanischen Zellteilungsapparate gehören, der überhaupt nicht für die Ontogenese verbraucht wird. Der andere, eigentliche Inhalt des Zellkernes scheint tatsächlich zwischen weicher Aggregation und teilweise durchgeführter Lösung der Inhaltskörper periodisch hin und her verändert zu werden. Außerdem müssen nicht alle Biomoleküle des Wandbelages im Kerne fertig aufgespeichert liegen. Hier sind möglicherweise andere Moleküle vorhanden, die nur ihre Derivate in den Zelleib aussenden. Hier ist wiederum eine Möglichkeit, Hatscheks Hypothese der divergenten chemischen Reaktionsketten mit Vorteil einzugliedern. Es genügt auch eine kleinere Zahl von Anfangs-Molekülarten, theoretisch sogar eine einzige, wenn nur durch dieses System alle erforderlichen Arten schließlich erzeugt werden können. Es kommt auf dasselbe hinaus, ob man die erbliche Formänderung durch den Verlust einer Anfangs-Molekülart erklärt, oder durch den Verlust aufbauender, umbauender oder spaltender Moleküle im Kerne, die aus den Anfangs-Molekülen etwas zu machen imstande sind.

Mindestens müssen immer alle Molekülarten, die zu einem Wandbelage gehören, diesen auf einmal

bilden, weil nur so die eindeutige Orientierung im Raume, die eigentlich morphologische Differenzierung präformiert werden kann. Die Erzeugung der verschiedenen Arten kann auch sukzessiv durch divergente Reaktionenketten innerhalb des Zellkernes besorgt werden. Ebenso mag auch ein Wandbelag noch viele chemische Umwandlung mitmachen, bis er sich für einen bestimmten Zellcharakter zur Geltung bringt. An die Stelle der Ordnung a b c d tritt vielleicht die Ordnung der Derivate m n o p. Dadurch wird ursprünglich gewonnene Orientierung im Raume als solche nicht aufgehoben.

Literatur.

Außer den im Texte dieses Kapitels zitierten Werken:

B. Hatschek, Studien über Entwicklung des Amphioxus. Arbeiten des Wiener Institutes. Triest. Stat., Bd. 4, Wien 1882.

Edward Drinker Cope, Origin of the fittest, 1886.

Lwoff, Über einige wichtige Punkte in der Entwicklung des Amphioxus. Biolog. Centralblatt, Bd. 12, Leipzig 1892.

Wilson, Amphioxus and the Mosaic Theory of development. Journal of Morphology, Bd. 8, Boston 1893.

Oskar Hertwig, Zeit- und Streitfragen der Biologie, I, Präformation oder Epigenese? 1894.

Wilson, The mosaictheory of development. Biological Lectures, deliv. at the Mar. biol. Lab. of Wood's Hall, 1894.

Hans Driesch, Von der Entwicklung einzelner Ascidienblastomeren. Archiv von Roux für organische Entwicklungsmechanik, März 1895.

Garbowski, Theorie der epigenetischen Evolution. Biologisches Centralblatt, Bd. 15, April 1895.

—, Gegen die Mosaiktheorie. Vortrag in der zool.-botan. Gesellschaft in Wien, Bd. 45 vom 8. Mai 1895.

Edward Drinker Cope, The primary factors of organic evolution 1896.
Garbowski, Amphioxus als Grundlage der Mesodermtheorie. Anatomischer Anzeiger, G. Fischer, Jena, Bd. 14, 1898.
Hans Przibram, Experimentelle Studien über Regeneration. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Bd. 11, 1901.
Garbowski, Über parthenogenetische Entwicklung der Asteriden. Akad. d. Wissensch., Krakau 1904.
—, Über Blastomerentransplantation bei Seeigeln. Akad. d. Wissensch., Krakau 1904.
Benedikt, Moriz, Kristallisation und Morphogenesis, 1905.
Lehmann, Otto, Flüssige Kristalle und die Theorien des Lebens, 1906.
Roux, Wilhelm, Die angebliche künstliche Erzeugung von Lebewesen. Umschau 1906, Nr. 8 (bespricht auch kurz die Radiobien von John Butler-Burke, Nature, Nr. 1856 vom 25. Mai 1905).
Lehmann, Otto, Die scheinbar lebenden Kristalle, 1907.



8. Chemismus, heterogene Teile und Leben.

Herkömmlicherweise wird von dem lebenden Naturkörper gesagt, daß er in allen seinen Teilen in beständigem Werden und Wiederwerden begriffen sei, während der unbelebte Naturkörper in schweigender Ruhe beharre oder sei. Als man noch weit davon entfernt war, in dem Naturkörper ein Zellensystem zu ahnen, verglich man mit Vorliebe eine eherne oder marmorne Statue mit dem Menschen als einer viva statua. Die eherne Gestalt war homogen, der menschliche Körper heterogen. Die eherne Gestalt ruhte schweigend in sich, der menschliche Körper war in sich bewegt und in allen seinen Teilen in stofflicher Veränderung begriffen. Die eherne Gestalt wurde vom Künstler geformt, die lebende Gestalt von der Entelechie. Der lebende Mensch wehrt sich, die leblose Gestalt läßt sich gleichgültig zertrümmern. Die leblosen Gestalten hatten ihr Werden, als sie noch nichts Künstlerisches waren; nach der Vollendung ihrer Formung kamen sie zum leblosen Sein. Die lebenden Gestalten heißen nur solange lebendig, als sie im beständigen Wiederwerden begriffen sind und sich gegen die Ruhe der Leblosigkeit wie gegen etwas Feindliches wehren.

Zweierlei charakterisiert hier die lebende Gestalt: die heterogenen Teile und die Geschehnisse in diesen Teilen, die für den Fortbestand des Ganzen notwendig

sind. Es ist klar, daß man kaum in Verlegenheit kommen wird, das Lebendige von dem Leblosen begrifflich zu unterscheiden. Darum handelt es sich auch nicht. Die Frage steht vielmehr so, ob sich dieser Unterschied zwischen dem Lebendigen und dem Leblosen bis in die letzten Teilchen der Materie hinab erhält, oder ob er sich erst auf höheren „Baustufen" oder Aggregationsstufen und durch die Aggregation als solche entwickelt.

Wir finden in der Literatur sehr häufig eine geflissentliche Vernachlässigung der Baustufen der Materie, um den Unterschied zwischen dem Lebendigen und dem Leblosen größer erscheinen zu lassen, als er in Wirklichkeit ist. Wenn einer sagen wollte, das Gold sei hämmerbar, der Sauerstoff aber nicht; aus dem Golde lassen sich Ringe und Ketten schmieden, aus dem Sauerstoffe nicht; der Sauerstoff lasse sich zusammendrücken, das Gold aber nicht, so wäre seine Rede sehr unangemessen, wenngleich sie nicht falsch ist. Sauerstoff und Gold sollen nur verglichen werden, nachdem sie auf gleiche Aggregationsstufe gebracht sind, also flüssiger Sauerstoff und geschmolzenes Gold. Anders stünde die Sache, wenn nach dem Unterschiede zwischen Sauerstoff und Gold bei Lebenstemperatur und Lebens-Luftdruck gefragt worden wäre.

Es ist besonders beliebt, einen homogenen Kristall mit einer lebenden Zelle oder mit einem ganzen Organismus zu vergleichen. Diese Nebeneinanderstellung ist irreführend. Ein Kristall ist bereits eine feste Aggregation aus gleichartigen Körpermolekülen. Das Analogon dazu wäre eine weiche Aggregation aus gleichartigen lebenden Molekülen; das heißt, aus Riesenmolekülen, die assimilieren können; das heißt, aus Riesenmolekülen, die sich irgendwie selbst ver-

doppeln können, etwa so, daß sie kleinere Moleküle zur Apposition zwingen, und daß die Nebeneinanderlagerung der apponierten kleinen Moleküle eine Kopie des Riesenmoleküles ergibt. Wir können uns auch irgendeine andere Vorstellung wählen, sofern sich nur die Verdoppelung ergibt. Da wir nun nicht wie in der Zelle heterogene lebende Moleküle haben, sondern nur homogene, so werden sich die Riesenmoleküle nach Art der Kristallisation zu einfachen, endlos größer werden könnenden Gestalten zusammenschließen: zu Fäden, oder zu einem Fadengerüste, oder zu einer Kugel, die nur an der Oberfläche wächst, weil sie nur an dieser ernährt wird. Wir finden, abgesehen von der Verdoppelungsfähigkeit der Moleküle keinen wesentlichen Unterschied zwischen dem leblosen Kristall und der lebenden Kugel oder dem lebenden Schleim. Der Kristall ist fest aggregiert, das Lebende weich. Es gibt auch weiche, leblose Aggregate. Der Kristall wächst, aber er teilt sich nicht; die lebende homogene Kugel würde auch nur an der Oberfläche durch Selbstverdoppelung der Moleküle wachsen, aber nicht sich selbst in zwei Kugeln teilen. Soweit der Kristall fertig ist, ruht er; an der Oberfläche wächst er, wenn ihn gesättigte Lösung umgibt. Soweit die lebende Kugel assimiliert ist, ruht sie; es geschieht nichts mehr in ihr; sie wächst nur an der Oberfläche weiter, wenn ihr Assimilanden zugeführt werden. Soll der Kristall wachsen, so müssen ihm homogene Stoffe zugeführt werden, denn selbst sucht er sich keinen Zuwachs. Soll die lebende Kugel wachsen, so muß sie in einen Stoffwechsel eingetaucht werden, der nicht von ihr selbst ausgeht, und dessen Spaltungsprodukte sie zu assimilieren vermag. Von selbst sucht sie sich die Nahrung nicht; so wenig, wie sich die grüne Pflanze weder die Kohlensäure noch

das Wasser sucht. Wir können suchen, wie wir wollen, wir finden zwischen dem unbelebten, homogenen, festen, kristallisierten Aggregate und dem belebten, homogenen, weichen, nicht kristallisierten Aggregate keinen anderen wesentlichen Unterschied, als den der Molekülselbstverdoppelung durch Assimilation. Wir finden allerdings keinen homogenen lebenden Naturkörper. Das enthebt uns aber nicht der logischen Verpflichtung, immer nur Homogenes mit Homogenem, und Heterogenes mit Heterogenem; Aggregiertes mit Aggregiertem und Flüssigkeitsmolekül mit Flüssigkeitsmolekül zu vergleichen.

In dieser Beziehung wird viel vernachlässigt. Wir lesen zum Beispiele oft, ein fertiger Kristall habe keinen Stoffwechsel, wohl aber der Organismus, die Zelle und sogar das lebende Molekül. Von dem Organismus und der Zelle gilt dies wohl. Woher wissen wir aber, daß wir dasselbe auch von einem homogenen weichen Aggregate und von einem in einer lösenden Flüssigkeit isolierten lebenden Moleküle aussagen dürfen oder gar müssen? Vor allem wichtig sind die Spaltermoleküle. Man kann sich vorstellen, daß ein kleines, in Flüssigkeit gelöstes Molekül, zum Beispiel ClH, in den Körper eines größeren Moleküles, zum Beispiel Stärke 4 $(C_6H_{10}O_5)$ physikalisch eindringt und den Molekülverband sprengt, so daß das Stärkemolekül unter Wasseraufnahme in vier Zuckermoleküle zerfällt. Wie aber ein weiches, großes Aggregat aus Riesenmolekülen in die kleineren Moleküle der unbelebten oder getöteten Nahrung hineinkriechen und diese spalten soll, ist vollständig unvorstellbar. Diffissormoleküle dürfen in keiner Hypothese als aggregiert behandelt werden, und weiche Aggregate, deren Moleküle synthetisch durch Apposition assimilieren, können nicht als Diffissormoleküle

arbeiten. Der Stoffwechsel besteht nun einerseits aus Spaltungen, andrerseits aus Synthesen. Diese Arbeit ist wahrscheinlich auf zwei ganz verschiedene Molekülarten verteilt. Die Spaltermoleküle aggregieren sich wahrscheinlich niemals, wenngleich sie leben, das heißt sich selbst verdoppeln. Sie fallen wahrscheinlich sofort nach der Selbstverdoppelung auseinander, so daß sie nur in gelöstem Zustande vorkommen, und hierin dem Quecksilber gleichen, das auch bei Lebenstemperatur niemals fest ist. Wir finden abermals keinen wesentlichen Unterschied zwischen dem Lebenden und dem Leblosen, abgesehen von der Selbstverdoppelung, denn es gibt auch leblose Spaltermoleküle.

Wollen wir hingegen nicht einen Kristall, sondern eine lebende Zelle zum Ausgangspunkt des Vergleiches machen, so müssen wir unsere Vorstellungen wieder ceteris paribus gestalten. Wir dürfen daher nicht den Kristall gegenüberstellen, sondern ein System heterogener Teile, etwa eine ganze Schwefelsäurefabrik. Den Oxydatormolekülen der Zelle entsprechen dann ungefähr die Stickstoffoxyde in der Bleikammer. Der Sauerstoffverbrauch entspricht ungefähr der Atmung, und die Zufuhr von SO_2 der Nahrung, und die Gewinnung der Schwefelsäure dem Wachstum. Wir sehen aber jetzt auch den großen Unterschied, der im Mangel der Assimilation = Selbstverdoppelung liegt. Die Schwefelsäure vermag sich nicht selbst zu vermehren, sie wird nur durch einen Zuwachs vermehrt, der mit der bereits vorhandenen Menge nichts zu tun hat. Eben mit diesem Mangel hängt es auch zusammen, daß die Fabrik sich nicht selbst bauen kann. Wenn wir ein weiches Aggregat aus nicht spaltenden, aber assimilierenden Molekülen haben, und dieses Aggregat in eine Lösung eingetaucht

ist, in der sich Diffissor- und Oxydatormoleküle befinden, sowie unbelebte spaltbare Nahrungsstoffe, so vermögen sich diese drei Molekülarten gegenseitig zu einer Art Fabrik aufzubauen. Die aggregierbaren Moleküle können eine Zellhaut herstellen, was den gelöst bleibenden nicht gelingt, und dadurch das ganze System vor dem Vertrocknen in der Luft und der vollständigen Auflösung im Wasser bewahren. Die Diffissor- und Oxydatormoleküle können im geschützten Raume aus den eindringenden Nährlösungen einen solchen Stoffwechsel erzeugen, daß die Produkte des Stoffwechsels zu Assimilanden der nicht spaltenden und nicht oxydierenden Moleküle taugen. Dadurch wächst andrerseits Zellhaut und Kern.

Ein sehr beliebter Vergleichsgegenstand ist auch das ganze Sonnensystem. Dieses System ist zwar in sich bewegt, aber es geschieht sozusagen immer dasselbe; die Bahnen haben eine große, wenn auch keine absolute Starrheit. Hier ist es gar schwierig, das Gegenstück in der Welt des Belebten zu finden. Es existiert überhaupt keine Vergleichsbasis.

Wenn wir alle diese Vergleiche mit der nötigen Vorsicht vornehmen, also immer ceteris paribus vergleichen, so finden wir niemals einen anderen Unterschied, als den zwischen Assimilation = Selbstverdoppelung und Nicht-Assimilation.

Dieser Unterschied läßt sich zwischen Atomen nicht mehr annehmen. Keine Hypothese konstruiert eine Selbstverdoppelung eines Atomes. Man kann trotzdem nicht sagen, die Atome seien alle leblos. Die Unterscheidung zwischen Lebendigem und Leblosem hat für die Atome noch keinen Sinn. Anders stünde die Sache, wenn es heute noch kleinere Einheiten, Atomogene gäbe, aus denen sich die Atome aggregieren, und in die sie heute noch wieder zer-

fallen; sowie heute noch aus Atomen Moleküle entstehen, die wieder in Atome zerfallen. Wenn es Atomogene gegeben hat[1], so sind diese durch die Atomisierung der Materie längst aufgebraucht worden. Wir können also nirgends die Probe machen, ob ein Atom befähigt sei, sich selbst aus Atomogenen zu verdoppeln oder nicht. Daher können wir auch nicht sagen, ob es einen Unterschied zwischen lebenden und leblosen Atomen im früheren Weltzustande gegeben habe oder nicht.

Die Moleküle der leblosen Körper haben in allen Hypothesen nur wenige Atome; die Moleküle der lebenden Eiweißarten sollen aus sehr vielen Atomen bestehen, Riesenmoleküle sein; sie enthalten vornehmlich Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff. Damit wäre nur ein quantitativer Unterschied festgestellt. Der Kohlenstoff innerhalb des lebenden Moleküles ist ganz gleich mit dem Kohlenstoffe innerhalb des Leblosen. Beide Moleküle sind nicht Dinge, sondern Spielplätze für Atomenbewegungen.

Erst durch die Aggregation der Atome zu Molekülen wird der Unterschied zwischen riesengroßen und winzig kleinen Molekülen möglich. Wenn nun die Assimilation nur an dem Größenunterschiede als solchem hängen sollte, was sehr wahrscheinlich ist, dann wird auch erst durch die Aggregation der Atome als solcher der Unterschied zwischen dem Lebendigen und dem Leblosen möglich. Von da ab zweigt selbstverständlich das Leblose und das Lebendige auseinander.

Nachdem einmal das Zeitalter der Molekularisation der Materie vorüber ist, läßt sich heute kein Atom mehr in einen lebenden oder leblosen Molekül-

[1] A. Stöhr, Philosophie der unbelebten Materie, Leipzig 1907, S. 124 ff.

verband das erstemal aufnehmen. Die gesamte atomisierte Materie ist für die Oberfläche unseres Planeten durch die Molekularisation erschöpft worden. Wollen wir neue lebendige Moleküle haben, so müssen wir sie durch andere, bereits vorhandene gleicher Art aus der leblosen oder aus der getöteten Materie anderer Art assimilieren lassen. Alles Lebende entsteht heute aus dem Leblosen durch ein schon vorhandenes artgleiches Lebende. Es ist nicht richtig, daß alles Organisierte aus gleich Organisiertem entstehe, sondern alles Organisierte entsteht aus Unorganisiertem und Desorganisiertem durch gleich Organisiertes. Der Unterschied in der Ausdrucksweise ist scheinbar geringfügig, und doch groß genug, daß sich die Leugnung der Möglichkeit der Urzeugung darinnen niederlassen kann. Als noch die ganze Materie atomisiert war, konnte (wenn keine unmittelbar fernwirkenden Kräfte angenommen werden) eine Molekülart so leicht und so schwer entstehen wie die andere. Selbstverständlich wird jene Forschung, die samt dem Forscher und seinen Objekten in das molekularisierte Zeitalter eingeschlossen bleibt, innerhalb dieses Zeitalters die Urzeugung niemals finden können. Es bleibe dahingestellt, was peinlicher wirkt: die Möglichkeit der Urzeugung innerhalb des molekularisierten Zeitalters im Widerspruche mit den Experimenten zu behaupten, oder sie auf Grund der Durchforschung des einen Weltzustandes für einen anderen zu bezweifeln, von dem man auf Grund einer eingezäunten Forschung nichts wissen kann. Nicht um die Hinausschiebung in der Zeit und im Raume handelt es sich, sondern um den Schritt von der molekularisierten zur atomisierten Materie.

Eine andere Gewohnheit des Denkens betont die homogenen Teile des Kristalles gegenüber den hete-

rogenen der lebenden Naturkörper, als ob der leblose Kristall auf der Anziehung des Gleichen, hingegen der lebende Naturkörper auf der Organisation des Ungleichen beruhe, worin die mechanische Anziehung ausgeschlossen sei, denn Ungleiches ziehe sich nicht an. Die Kristallisation beruht aber nur scheinbar auf der Anlagerung des Gleichen. Mit der Entstehung der Chemie mußte diese Ansicht verlassen werden. Die Kristallisation beruht in den allermeisten Fällen auf der Anziehung der heterogenen Atome in gleichen Molekülen. Im Kochsalze zieht das Natriumatom des einen Moleküles das Chloratom des anderen an und umgekehrt.

Na—Cl
Cl—Na.

Diese Anziehung muß nicht auf einer spezifisch chemischen Affinität beruhen. Der freie Fall zwischen Atomen desselben Moleküles und bei chemischen Reaktionen heißt eben chemische Affinität und die Affinität der losgelassenen Bleikugel zur Erde heißt freier Fall. Es ist sogar möglich, daß im Kristalle dasselbe Atom periodisch zu verschiedenen Molekülen gehört, weil die Atome sich innerhalb des Moleküles hin und her bewegen:

I) . . . . Na—Cl Na—Cl . . .
II) . . —Na Cl—Na Cl—
III) . . . . Na—Cl Na—Cl . . . usf.

Nur dann, wenn das Molekül selbst aus homogenen Atomen gebildet ist, ziehen sich gleiche Atome an, wie im Jodkristalle. Es entscheidet nicht die chemische Gleichheit und die chemische Ungleichheit, sondern der Affinitätsrest. Eben dadurch wird die Kristallisation chemisch ungleicher, jedoch isomorpher Moleküle möglich. Ein Calciumatom zieht zum Beispiel die Gruppe CO_3 an, diese ein Magnesiumatom, dieses

wieder eine Gruppe CO_3, diese wiederum ein Calciumatom usf. Die Bedingung einer isomorphen Kristallisation ist jedoch eine Annäherung an die geometrische Gleichheit der Molekülumrisse.

Auf genau demselben Vorgange beruht auch die Aggregation letzter Lebenseinheiten. Ein Atom in einem Riesenmoleküle zieht ein heterogenes Atom in einem anderen Riesenmoleküle an. Das Aggregat wird natürlich nicht fest, sondern weich sein, weil die Riesenmoleküle eine große Innenbeweglichkeit und infolgedessen eine gewisse leichte Veränderlichkeit des Molekülumrisses haben werden. Sind die Riesenmoleküle gleich, so erhalten wir eine weiche Aggregation homogener Moleküle; sind sie ungleich, so erhalten wir ein weiches Aggregat heterogener Moleküle, soferne nur diese isomorph sind. Das heißt, die Molekülgrößen dürfen nicht zu stark voneinander abweichen. Riesenmoleküle, die keine starren Umrisse haben, können sich viel leichter dem Raume anbequemen. Die Isomorphie und Homoiomorphie spielt in den Aggregationen der lebenden Einheiten eine weit größere Rolle als bei den harten Kristallisationen der unbelebten Materie. Damit sind wir wiederum bei einem Gradunterschiede angelangt. Die weiche Aggregation heterogener Lebenseinheiten ist das genaue Analogon der isomorphen Kristallisation; die weiche Aggregation homogener Lebenseinheiten ist das genaue Analogon der homogenen Kristallisation.

Literatur.

Moriz Benedikt, Kristallisation und Morphogenesis, 1905.
Houston Stewart Chamberlain, Immanuel Kant, München 1905; fünfter Vortrag: Platon, mit einem Exkurs über das Wesen des Lebens.



9. Formenbeständigkeit und erbliche Formenveränderung in der Selbstformung.

Jedes Lebewesen hat eine in sich veränderliche Form, weil es einen ontogenetischen Entwicklungsgang hat, oder vielmehr ein solcher Entwicklungsgang ist. Nun kann man eine Ontogenese mit einer anderen vergleichen. Man wird niemals zwei genau gleiche Ontogenesen finden. Nennen wir eine Ontogenese kurzweg ein Lebewesen oder hier ein Individuum.

Es hat keinen Sinn, von der Formenbeständigkeit des einzelnen Individuums zu sprechen, denn dieses ist weder formenbeständig noch abgeändert, solange es nicht mit einem zweiten Individuum verglichen wird.

Die Geschichte der Begriffe zeigt nun, daß man seit den ältesten Zeiten die Formenbeständigkeit und die Formenveränderung durch den Vergleich der sichtbaren somatischen Beschaffenheit der Erzeuger mit der sichtbaren somatischen Beschaffenheit des Abkömmlings gewinnt. Bei der zweielterlichen Fortpflanzung kann man natürlich nur die resultierende Ähnlichkeit die Formenbeständigkeit nennen, und jede Abweichung von der Resultierenden über eine der Kom-

ponenten hinaus eine Formenabänderung. Mit diesem uralten Begriffe arbeitet noch Charles Darwin. Die Geschichte dieses Begriffes beginnt erst mit der Entdeckung der Einzelheiten der Befruchtung der Eizelle und der mitotischen Kernteilung. Der alte Begriff der Formenbeständigkeit kann auch aus dem Vergleiche der somatischen Beschaffenheit eines Abkömmlings mit den somatischen Beschaffenheiten der Großeltern und sehr entfernter Aszendenten gewonnen werden. Eine Formenveränderung findet dann erst statt, wenn der Abkömmling nicht mehr als irgendeine Resultierende aus sämtlichen Aszendenten oder aus beliebigen Aszendenten begriffen werden kann, weil seine somatische Beschaffenheit über jede der Komponenten hinausgeht, und daher für die ganze Gruppe einen Zuwachs darstellt, oder eine Umformung oder eine Zurückbildung.

Auf Grund dieses Begriffes können wir sagen, daß sich in der Natur weder eine genaue Formenbeständigkeit noch eine unbegrenzte Formenveränderlichkeit aufzeigen lasse. Wir finden nur eine Beständigkeit der ziemlich eng gezogenen Grenzen, zwischen denen sich die Formenveränderlichkeit bewegt. Diese Grenzen sind für verschiedene sogenannte Arten verschieden weit. Diese Grenzen können durch die Züchtung erweitert werden; wir erhalten dann die Grenzen der künstlichen Züchtung, und innerhalb dieser die Grenzen der Naturzüchtung.

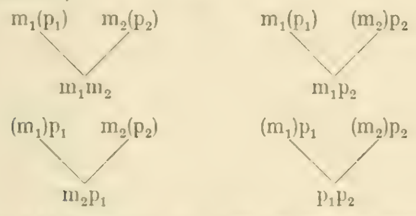
Während sich die Tatsachen und die Abstammungshypothesen häufen, macht die Begriffsbildung nur einen kleinen Schritt vorwärts. Die herkömmliche Beurteilung der Formenbeständigkeit und Formenabänderung nach der somatischen Beschaffenheit der Erzeuger beginnt als wertlos durchschaut zu werden, weil die somatischen Eigenschaften des Abkömm-

lings nicht aus den somatischen Eigenschaften, sondern aus den Keimzellen der Erzeuger resultieren.

Wieviel mit diesen Worten gesagt ist, möge aus einer kurzen Erläuterung hervorgehen. Es wird vielfach angenommen, und die Mendelschen Versuche[1] sind überall dort, wo die Entmischung der Bastarde nach dem Schlüssel 1:3 erfolgt, überhaupt nicht anders zu erklären, daß der männliche Kern sich zwar mit dem weiblichen vereinigt, daß aber diese Kernhälften als zwei weiche Aggregate ihre Selbständigkeit bewahren, und gleich durch die erste Zellteilung wieder auseinandergehen. Nennen wir den männlichen Zellkern p und den weiblichen m, so enthält schon im Zweierstadium der eine Zellkern nur p, und der andere nur m. Daraus folgt, daß auch der Kern jeder Keimzelle, sie mag männlich oder weiblich sein, entweder nur aus p oder nur aus m durch fortgesetzte Teilungen gebildet wurde. Nehmen wir jetzt zwei Erzeuger an, von denen der eine das Keimplasma p_1 und der andere das Keimplasma m_1 beisteuert. Der Abkömmling wird somatisch eine Resultierende sein, die irgendwo zwischen p_1 und m_1 liegt, aber nicht aus dem Gestaltungsraume zwischen p_1 und m_1 hinausfällt. Jede seiner eigenen Keimzellen wird entweder nur p_1 oder nur m_1 enthalten, je nachdem bei der ersten Zellteilung entweder p_1 oder m_1 in jene Zelle übernommen wurde, woraus später die Keimdrüsen hervorgingen. Ebenso lassen wir von einer anderen Seite einen Abkömmling entstehen, der die Resultierende aus p_2 und m_2 ist. Jede seiner Keimzellen enthält entweder nur p_2 oder nur m_2. Wenn nun diese zwei Organismen eine Generation hervorbringen, so haben wir bezüglich der Beschaffenheit des Keim-

[1] Seite 245.

plasmas vier Möglichkeiten (die durch die erste Zellteilung ausgeschalteten Keimplasmen sind im Schema eingeklammert):



Der neue Abkömmling ist also in seiner somatischen Beschaffenheit eine aus vier möglichen Resultierenden, die wir durch die Komponenten bezeichnen können. Er ist entweder m_1m_2, oder m_1p_2 oder m_2p_1 oder p_1p_2. In keinem Falle hat er eine vollständige Ähnlichkeit mit einem der Erzeuger m_1p_1 oder m_2p_2. Die somatischen Eigenschaften der Abkömmlinge müssen immer nach irgendeiner Seite hin von der Resultierenden aus den somatischen Eigenschaften abweichen. Die somatischen Eigenschaften der Abkömmlinge sind höchstwahrscheinlich die genauen Resultierenden aus den Keimplasmen, deren Beschaffenheit nicht kontrolliert werden kann. Dadurch wird der Sinn der Formenbeständigkeit bedeutend verändert. Formenbeständigkeit heißt jetzt nur mehr, aus gleichen Keimplasma-Amben gehen gleiche somatische Entwicklungen hervor, oder: gleiche Ursachen, gleiche Wirkungen.

Die Keimplasmen selbst sind veränderlich. Es erhellt dies schon daraus, daß gleiche Erzeuger zu verschiedenen Zeiten ungleiche, wenn auch ähnliche Abkömmlinge haben. Von Weismann[1] wird diese Tatsache durch eine Mehrzahl von Ganzanlagen oder „Iden" erklärt, die in den Zellen der Keimbahn des-

[1] Seite 203.

selben Erzeugers nebeneinander existieren, und wovon jedesmal nur eine Hälfte in den Keimzellkern gelangt. Eine große Zahl von Iden ermöglicht nun viele verschiedene Halbierungen der Menge. Mir scheint es natürlicher zu sein, daß jeder Zellkern nur jene letzten Lebenseinheiten enthält, die zur Begründung eines an die Zellwand anwachsenden Wandbelages unmittelbar vor der ersten Zellteilung erforderlich sind. Der Kerninhalt einer jeden Zelle ist durch die Ernährung veränderlich. Wenn sich auch die letzten Lebenseinheiten als solche nicht verändern, so verschiebt sich doch das Mengenverhältnis ihrer Arten, sobald die Assimilationsgeschwindigkeiten verschieden werden, und diese sind einerseits von der chemischen Konstitution der Einheiten, andrerseits von dem chemischen Gehalte der Nährstoffe abhängig. Es ist daher begreiflich, daß eine Keimzelle im Organismus A eine andere Zusammensetzung haben wird als eine andere Keimzelle, die in demselben Organismus A nach einem Jahre reif wird.

Um den Begriff der Formenbeständigkeit nicht auf die somatische Beschaffenheit, sondern auf die Keimzellen der Erzeuger zu beziehen, kann man folgenden Weg einschlagen. Denken wir uns eine befruchtungsfähige Eizelle. Es wird unvorstellbar, aber endlich viele andere männliche Keimzellen in der Welt geben, deren Kern diese Eizelle zu befruchten fähig wäre. Alle diese Keimzellen sowie die jetzt lebenden Organismen, in denen sie enthalten sind, fasse ich zum Begriffe einer potentiellen Erzeugungsmannigfaltigkeit erster Ordnung zusammen. Nun gehe ich einen Schritt weiter. Jede dieser männlichen Keimzellen wird imstande sein, statt dieser eine beliebige andere aus unvorstellbar, aber endlich vielen Eizellen zu befruchten, die es in der Welt gibt.

Alle diese weiblichen Keimzellen sowie die jetzt lebenden Organismen, worin sie enthalten sind, bringe ich zu dem Inhalte des ersten Begriffes hinzu, und erhalte dadurch den Begriff einer potentiellen Erzeugungsmannigfaltigkeit zweiter Ordnung.

Den Inbegriff aller Organismen, die aus der Vereinigung von zwei solchen Zellen, die einer potentiellen Erzeugungsmannigfaltigkeit zweiter Ordnung angehören, hervorgehen könnten, nenne ich ein Variationsfeld. Den Ausdruck „Variationsfeld einer Art" vermeide ich vorläufig absichtlich.

Da nicht jede dieser Keimzellen mit jeder geschlechtlich entgegengesetzten zur Vereinigung kommt, so besteht ein Variationsfeld teils aus wirklichen Naturkörpern, teils aus Gedankendingen, die wir als Erzeugungsmöglichkeiten auf Grund der Erfahrung konstruieren. Sind die Ähnlichkeiten zwischen den Lebewesen eines Variationsfeldes sehr groß, so kann man das Variationsfeld sehr klein nennen. Gehen die Ähnlichkeiten weit auseinander, so kann man das Variationsfeld groß nennen. Das Variationsfeld ist eigentlich ein Generationsfeld.

Die Gestalten innerhalb eines Variationsfeldes kann man im Gedankenbilde so ordnen, daß man die extremsten Beschaffenheiten an die Peripherie des Feldes versetzt, und die Gegensätze an die Enden eines Durchmessers. Die extremen Formen kann man einkreisen, und dann folgende Frage stellen: kommt es vor, daß ein Abkömmling die bisher bestehenden Grenzen eines Variationsfeldes mit seiner somatischen Beschaffenheit überschreitet? Wenn es vorkommt, dann ist dieses Variationsfeld formenveränderlich; wenn es nicht vorkommt, dann ist dieses Variationsfeld formenbeständig. Es handelt sich bei dieser Beständigkeit nicht um eine aristotelische Entelechie, sondern um

eine Gestaltenmannigfaltigkeit, die zwischen denselben beständigen Grenzen eingeschlossen bleibt.

Um solche Fragen zu beantworten, muß man vor allem das Variationsfeld kennen. Diese Forderung ist selten erfüllt: Die Grenzen werden teils aus den Züchtungsversuchen bekannt, teils aus der geduldigen Beobachtung der freien Natur. Die natürlichen Variationsfelder sind viel enger als die Zuchtfelder der Kunst, weil in der freien Natur die Formen auf jenen kleinen Eigenschaftenkreis hin gezüchtet werden, der den natürlichen und gewöhnlich sehr strengen Lebensbedingungen entspricht. Der Züchter stellt mildere Lebensbedingungen, indem er selbst als Wähler und Schützer auftritt. Daher werden die Grenzen eines Variationsfeldes erst durch die Züchtungsergebnisse entdeckt.

Soweit nun die Erfahrungen reichen, sind die Variationsfelder der Gegenwart formenbeständig. Ein Abkömmling kann positive und nicht pathologische Eigenschaften haben, worin er seine Erzeuger quantitativ oder qualitativ übertrifft oder von der Resultierenden abweicht. Es wurde aber vorhin auf das Veraltete dieser Begriffsbildung hingewiesen. Der Abkömmling ist überhaupt kein Ergebnis der somatischen Beschaffenheit seiner Erzeuger, weder ein resultierendes noch ein von der Resultierenden nach einer unberechenbaren Richtung abweichendes. Der Abkömmling ist wahrscheinlich die genaue Resultierende aus den Keimplasmen seiner Erzeuger. Die Keimplasmen sind in demselben Organismus veränderlich, weil sich das Mengenverhältnis der letzten Lebenseinheiten im Zellkerne verschieben kann. Jedes der möglichen Mengenverhältnisse liegt aber innnerhalb des Variationsfeldes. Zur Beurteilung der Formenänderung genügt daher nicht eine unberechenbar abweichende Un-

ähnlichkeit des Abkömmlings mit jedem der Erzeuger. Hier muß die Frage so gestellt werden, ob die neue somatische Beschaffenheit aus dem ganzen Variationsfelde hinausgefallen sei oder nicht?

Innerhalb eines Variationsfeldes können die wirklich existierenden Formen in ihren Ähnlichkeiten so abgestuft und durch Zwischenformen vermittelt sein, daß nirgends eine größere Ähnlichkeitslücke klafft. Das Variationsfeld deckt sich in diesem Falle mit dem, was man in der Regel eine naturwissenschaftliche gute Art nennt. Aber nur in diesem Falle, denn es ist nicht umgekehrt jede sogenannte Art ein ganzes Variationsfeld. In einem Variationsfelde können auch große Ähnlichkeitslücken bestehen. So gehören Pferd und Esel zu einem einzigen Variationsfelde; ebenso Kanarienvogel und Stieglitz, Ziegenbock und Schaf. Hier spricht man dann von verschiedenen Arten, die nicht einmal immer zur selben Gattung gehören. Es ist unmöglich, durch die Bastarde und ihre Nachkommen die Ähnlichkeitslücken dauernd zu schließen, weil die Abkömmlinge der Bastarde, wenn diese fruchtbar sind, entweder in die mütterliche oder in die väterliche Konstitution zurückschlagen. Die Lücken scheinen sich nur dann zu schließen, wenn sie sich auch ohne Kreuzung durch Veränderung der Keimplasmen geschlossen hätten. Dieses Zurückschlagen gilt im Grunde genommen auch für die Individualitätenkreuzung innerhalb der Art. Kein Abkömmling überträgt seine aus den Keimplasmen seiner Erzeuger resultierende somatische Beschaffenheit auf die Enkelgeneration dieser Erzeuger in der Fortsetzung der einmal eingeschlagenen Gestaltungsrichtung. Es erfolgt immer ein einseitiger Rückschlag auf eine der großelterlichen Beschaffenheiten. Dieser einseitige Rückschlag zu einer der großelterlichen Kompo-

nenten väterlicher Seite wird mit einem ebenso einseitigen Rückschlag zu einer der großelterlichen Komponenten mütterlicher Seite kombiniert. So wie es eine Entmischung der Bastardnachkommen zweier Arten gibt, so gibt es auch eine Entmischung der Nachkommen zweier Individualitäten derselben Art. So wie man von einer Artenkreuzung spricht, so kann man von einer Individualitätenkreuzung sprechen. Die Individualitätenkreuzung und ihre regelmäßige Entmischung fällt nur nicht so auf, weil die Ähnlichkeitsunterschiede zwischen den Individuen gleichmäßiger abgestuft zu sein pflegen. Es ist hier wie dort derselbe Vorgang einer Resultierendenerzeugung, die hier wie dort innerhalb des Variationsfeldes bleibt. Nur die Ähnlichkeitsgrade sind gewaltig verschieden.

Jede Aussage über eine Variation verlangt nicht nur ein Subjekt, das variiert, sondern auch ein Objekt, in bezug worauf es variiert. Der Abkömmling variiert in bezug auf die somatischen Beschaffenheiten seiner Erzeuger. Damit ist, wie schon erwähnt, nichts gesagt, weil er durch die somatischen Beschaffenheiten nicht erzeugt wird, sondern durch die unbekannten Keimplasmen. Dann kann die Variation in bezug auf das Variationsfeld ausgesagt werden; man kann behaupten, aber wohl niemals beweisen, daß ein Abkömmling nicht die genaue Resultierende aus den Keimplasmen seiner Erzeuger sei, und daß er mithin aus dem ganzen Variationsfelde hinaus resultieren könne.

In dieser Weise klären sich die Begriffe der Art, der Varietät, des Bastardes, der bastardierungsfähigen Arten erst aus dem Begriffe des Variationsfeldes.

Dieser Begriff enthält die Vorstellung der wechselseitigen Befruchtungsfähigkeit zweier Keimzellen. Diese Befruchtungsfähigkeit hat nun Abstufungen.

Man kann darunter die Möglichkeit verstehen, eine Embryonalentwicklung einzuleiten. Damit ist noch nicht gesagt, daß die Reifung der Frucht in dem einen Falle auf Schwierigkeiten stößt, die in anderen Fällen nicht bestehen. So haben Esel und Pferd einen natürlichen Widerwillen gegeneinander, der von den Züchtern systematisch abgewöhnt werden muß; die trächtigen Tiere bedürfen einer besonderen Pflege; Fehlgeburten treten leichter ein. Bastarde sind häufig zur Fortpflanzung nicht geeignet, doch trifft dies nicht für alle Arten zu. Jedenfalls sind die Variationsfelder in dieser Hinsicht nicht so zu verstehen, daß die Befruchtungsfähigkeit mit einer erfolgreichen Vermehrung immer und überall identisch sein müsse.

Vergleichen wir nicht die Variationsfelder der Gegenwart untereinander, sondern ein Variationsfeld der Gegenwart mit demselben Variationsfelde der entfernten Vergangenheit. Die Lebensbedingungen seien in der Zeit wesentlich verändert worden. Es konnten sich also in dieser Vergangenheit nur jene Formen aus dem Variationsfelde am Leben erhalten, die den Bedingungen angepaßt waren. Die nicht angepaßten wurden überhaupt nicht erzeugt, weil auch eine Selektion der Keimplasmen stattfindet. Trotzdem waren auch die Komponenten der nicht erzeugten Formen im Variationsfelde als Keimplasmen enthalten. Selektion heißt nicht immer auch Abzüchtung für immer. In dem bevorzugten Mischungsverhältnisse der Mengen der letzten Lebenseinheiten sind sämtliche anderen Mischungsverhältnisse potentiell enthalten. Es bedarf nur einer Veränderung der Lebensbedingungen, und die Mengenverhältnisse verschieben sich von einem Peripheriepunkte des Variationsfeldes zum entgegengesetzten. Jetzt werden nur jene Formen erzeugt, die früher nie erzeugt wurden. Die Veränderungen der

Mengenverhältnisse können unmerklich langsam und auch sprungweise durch äußere Ursachen erfolgen. Sie sind dann immer Massenerscheinungen, von denen die Individuen fast gleichmäßig betroffen werden. Daneben gibt es seltene sprungweise Veränderungen, die ein einzelnes Individuum allein betreffen, und mit den äußeren Lebensbedingungen nichts zu tun haben. Hierher gehört vor allem die größere Zahl von Mißbildungen. Es gibt aber auch eine kleinere Zahl von positiven nützlichen, oder schädlichen, oder gleichgültigen Abweichungen, die sich dem Experimente bezüglich ihrer Hervorbringung natürlich entziehen, und nur durch Zufall zur Beobachtung gelangen können. Auch diese plötzlichen und vereinzelten Mutationen fallen nicht aus dem Variationsfelde hinaus. Sie fallen nur auf, wenn sie nicht dem jeweiligen Leben innerhalb des Variationsbezirkes angehören. Die Erklärung erfolgt auch hier durch äußere Ursachen. Es gibt zweierlei Äußeres. Die Lebensbedingungen außerhalb der Integumente des Körpers sind äußere Bedingungen, die viele oder alle Individuen eines Variationsfeldes zugleich berühren. Die Lebensverhältnisse innerhalb eines Organismus sind abermals eine äußere Welt vom Standpunkte jener Zellen, die sich in die Keimzellen zu verwandeln im Begriffe sind, und vom Standpunkte der schon angelegten Keimzellen. Sowie ein Organismus nicht infektiös allein unter vielen gleichartigen krank sein kann, so kann auch ein Organismus als einziger eine interne somatische Veränderung erfahren, die das Mengenverhältnis in den Keimzellen eigenartig verschiebt.

Wir können alle jene Formen, die innerhalb eines Variationsfeldes für eine gegebene Zeit lebensfähig sind, und fähig sind erzeugt zu werden, das Lebensfeld dieses Variationsfeldes nennen.

Verschiebt sich im Laufe der Zeiten das Lebensfeld von einem Bezirke des Variationsfeldes auf einen ganz anderen Bezirk, so entsteht der täuschende Eindruck, als wäre das Variationsfeld nicht formenbeständig. Solche Formen sind einander quantitativ komplementär. Der eine Eigenschaftenkomplex erscheint als entwickelt, der andere als verkümmert. Der zivilisierte Mensch erscheint dem primitiven als degeneriert, weil er einen schwächeren Magen hat, schwächere Behaarung, schlechteres Gebiß.

Neben der Formenbeständigkeit eines Variationsfeldes für lange Zeiten gibt es eine vererbliche Formenveränderlichkeit für längere Zeiten. Diese Veränderung betrifft einerseits die Größe, andererseits die Form der Individuen innerhalb der Variationsfelder.

Wenden wir uns zunächst zur Form. Wenn uns zweihundert Molekülarten im Kerne für die Bildung eines Wandbelages gegeben sind, so kann sich nicht nur das Mengenverhältnis verschieben, sondern auch eine Molekülart verloren gehen, die dann unersetzbar ist. Wie dies aus der chemischen Konstitution der Bildungsmoleküle, der Nährstoffe und der Assimilationsgeschwindigkeit verstanden werden könne, wurde schon früher gezeigt.[1] Geht die Molekülart nur einer einzigen Keimzelle verloren, so wird sich das somatisch in den Abkömmlingen gar nicht oder höchstens nur quantitativ in einer schwächer entwickelten Eigenschaft zeigen. Die andere, vollständig gebliebene Keimzelle kompensiert. Treffen aber zwei Keimzellen zusammen, die den gleichen Verlust erfahren haben, so entsteht plötzlich eine neue Form, die natürlich ohne Rückschlag vererbt wird, weil die betreffende Molekülart verschwunden ist. Die neue

[1] Seite 212.

Form kann mit den alten fruchtbar bleiben. Dann ist zwar ein einziges Variationsfeld geblieben, aber dieses Variationsfeld wurde vergrößert. Darauf beruht die Möglichkeit eines Wachstums der Variationsfelder, das in der Zahl der Molekülarten seine natürliche Grenze findet. Es kann nur jene Molekülart verloren gehen, die die kleinste Assimilationsgeschwindigkeit besitzt. Da aber diese Geschwindigkeit zur Beschaffenheit der Keimernährungsstoffe korrelativ ist, so wissen wir nicht, ob nicht jede Molekülart aus dem Kerne hinausgehungert werden kann. Das Wachstum eines Variationsfeldes ist daher theoretisch nach so vielen Richtungen hin möglich, als es Subtraktionsmöglichkeiten gibt.

Die wechselseitige Fruchtbarkeit der neuen Formen mit den alten und der neuen untereinander hat ihre Grenzen. Abgesehen von den geographischen Isolierungen der neuen Formen und abgesehen von dem natürlichen Widerwillen der animalischen divergenten Formen gegeneinander, ist dies schon von vornherein selbstverständlich. Wenn von zweihundert Molekülarten auf der einen Seite die ersten hundert Arten verloren gehen, und auf der anderen die zweiten, so ergibt dies zwei ganz heterogene Organismen. Wenn selbst die Keimzellen künstlich zusammengebracht werden könnten, so daß das alte Verhältnis wiederhergestellt wird, so hätte höchst wahrscheinlich der Zelleib der weiblichen Keimzelle längst nicht mehr jene Sekrete, die den männlichen Kern lenken und zur Vereinigung bestimmen.

Durch Entmischung der Kerninhalte kann sich daher ein Variationsfeld im Laufe langer Zeiten in viele gesonderte auflösen. Diese Auflösung kann man die Stammspaltung nennen.

Eine zweite Veränderlichkeit des Variationsfeldes

betrifft die Größe der somatischen Entwicklung. Abgesehen vom Mengenverhältnisse der Biomolekülarten untereinander gibt es auch ein Verhältnis der Molekülmenge des Bildungsstoffes in dem einen Kerne zur Molekülmenge im anderen. Es gibt auch für alle Kerne eine Mengenzunahme im Laufe langer Zeiten. Die Experimente von Driesch zeigten, daß aus dem halben Bildungsstoffe für einen ganzen Seeigel ein ganzer Pluteus von halber normaler Größe hervorgeht. Es ist wahrscheinlich, daß die Körpergröße zur Menge der Biomoleküle im Bildungsstoffe des Zellkernes proportioniert ist. Die Individuen eines Variationsfeldes der Gegenwart können daher, verglichen mit einem Variationsfelde aus früherer Zeit, bedeutend größer geworden sein. Die paläontologische Forschung beweist vielfach die Entstehung der großen Formen aus bedeutend kleineren. Die größten Formen stehen nahe am Ende ihrer Entwicklung und häufig auch nahe am Ende ihrer Existenz.

Aus dem Begriffe des Variationsfeldes und der Variationsfeldspaltung in viele Felder läßt sich bezüglich der Zahl der ursprünglichen Variationsfelder nichts deduzieren. Es ist eine reine Tatsachenfrage, wieviele voneinander unableitbare ursprüngliche Variationsfelder mit der größten Wahrscheinlichkeit anzunehmen seien. Viele Tatsachen sprechen dafür und fast nichts dagegen, daß diese Zahl sehr groß sein dürfte. Doch überschreitet diese Frage bereits das Thema der Begriffsbildung.

Der Begriff des Variationsfeldes dürfte implizite den Vermutungen Linnés über die Entstehung der Arten zugrunde gelegen sein. (Über Linnés Deszendenzvorstellungen vergl. Wiesner, J., Die Licht- und Schattenseiten des Darwinismus, Österr. Rundschau, 18. Bd., 3. Heft, 1909.)

Literatur.

Linné, Philosophia botanica 1751, 4. Aufl., von Sprengel, Halle 1809; die von de Vries in der „Mutationstheorie" 1901, Einleitung, Seite 5 zitierten Schriften Linnés.

Buffon (gest. 1788), Oeuvres complètes, mises en ordre et précédées d'une notice historique par A. Richard, Paris 1825—1828.

Erasmus Darwin, Zoonomia, or the laws of organic life 1794—1798; deutsch von Brandis, Hannover 1795 bis 1799; 3 Bde.

Étienne Geoffroy Saint-Hilaire; über ihn: Isidor Geoffroy Saint-Hilaire: Vie, travaux et doctrine scientifique d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, 1847.

Lamarck, Philosophie zoologique 1809, deutsch von A. Lang, Jena 1876, neuer Abdruck Leipzig 1903.

Charles Darwins Werke. (In dem Werke „Über den Ursprung der Arten" findet sich keine begriffliche Bestimmung des Ausdruckes „Art".)

K. Nägeli, Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art, 1. und 2. Auflage, Leipzig 1865.

v. Hartmann, Wahrheit und Irrtum im Darwinismus, Berlin 1875.

K. E. v. Baer, Reden und kleine Aufsätze, Petersburg 1864 bis 1877, 3 Bde. Daraus: II, 1876, Seite 235—480.

Eimer, Die Entstehung der Arten auf Grund der Vererbung erworbener Eigenschaften, 1888 u. 1897, 2 Teile.

H. de Vries, Intracellulare Pangenesis, Jena 1889.

Dreyer, Peneroplis. Eine Studie zur biologischen Morphologie und zur Speziesfrage, 1898.

R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie, 5. Auflage, 1900, Seite 25.

Fleischmann, Die Deszendenztheorie. Vorlesung über den Auf- und Niedergang einer naturwissenschaftlichen Hypothese, Leipzig 1901.

Wettstein, R. v., Handbuch der systematischen Botanik, Wien 1901, Seite 13. (Die Festsetzung dessen, was

als Art anzusehen sei, ist nach W. rein subjektiv, nach der Zeit und der Person schwankend.)

H. de Vries, Die Mutationen und Mutationsperioden bei der Entstehung der Arten, Leipzig 1901.

—, Die Mutationstheorie, Leipzig 1901—1903, 2 Bde.

Wettstein, R. v., Der Neo-Lamarckismus, 1902.

H. de Vries, Arten und Varietäten und ihre Entstehung durch Mutation, deutsch von Klebahn, Berlin 1906.

Wiesner, J., Die organoiden Gebilde der Pflanze. Lieben-Festschrift, Leipzig 1906; I. Das Beharrungs- und Veränderungsvermögen der lebenden Wesen.

—, Die Licht- und Schattenseiten des Darwinismus, Österr. Rundschau, 18. Bd., 3. Heft, 1909.



10. Die Anpassung des Lebenden.

Die Erfahrung zeigt, daß die Organismen, die ja fortwährend Aktionen von außen erfahren und nach außen reagieren, auf äußere Veränderungen, also auf andere Agentien, auch anders reagieren können, und dadurch eine Veränderung erleiden können.

Diese Reaktion ist eigentlich selbstverständlich. Reagieren die Organismen auf veränderte Bedingungen in gleichbleibender Weise, so wird ihnen der Ausfall der Reaktionsänderung entweder gleichgültig sein oder schaden oder nützen. Ist er gleichgültig, so fällt die Sache nicht auf, und man spricht höchstens von Organismen, die wenig wählerisch sind, die infolgedessen eine weite Verbreitung haben. Ist der Ausfall schädlich, so spricht man von Organismen, die den geänderten Verhältnissen zum Opfer fielen. Ist der Ausfall der Reaktionsänderung sogar nützlich, indem der Organismus unter den neuen Verhältnissen noch besser gedeiht als unter den alten, so sieht man jetzt, wie tüchtig die Art gewesen sein muß, daß sie den Eintritt der günstigen Entwicklungsbedingungen erwarten und erleben konnte.

Nun kann aber auch ein Organismus auf veränderte Lebensbedingungen in geänderter Weise reagieren. Auch hier haben wir drei Fälle, nicht nur denkbar, sondern auch in der Erfahrung tatsächlich gegeben. Die Reaktionsänderung ist entweder

für den Bestand des Ogranismus gleichgültig oder schädlich oder nützlich. Ist sie gleichgültig, so fällt sie nur dann auf, wenn die neue Eigenschaft dem Züchter gefällt oder nützt, oder wenn ein Forscher sich theoretisch dafür interessiert. Ist die Reaktionsänderung schädlich, so wird der Untergang beschleunigt. Ist die Reaktionsänderung nützlich, so fällt sie auf. Der Organismus hat ein zweckmäßiges Anpassungsvermögen.

Diese Anpassung hat viele Grade, von der nicht genug zu bestaunenden bis zu der eben noch hinreichenden. Delage sagt an einer Stelle seines Werkes: „La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale" (Paris 1895), jede Art lebe so gut und so schlecht, als es eben gehe; keine Art sei ganz gut angepaßt und keine gar nicht.

Das Lebende ist entweder angepaßt, oder es paßt sich an, oder es geht zugrunde. Daher ist das Anpassungsvermögen in diesem Sinne eine allgemeine Eigenschaft des Lebenden.

Literatur.

Lamarck, Philosophie zoologique 1809, deutsch von A. Lang, Jena 1876, neuer Abdruck Leipzig 1903.

Charles Darwins Werke.

Roux, W., Der Kampf um Teile im Organismus, 1881.

Wettstein, R. v., Der Neo-Lamarckismus, 1902.

Wiesner, J., Die organoiden Gebilde der Pflanze. Lieben-Festschrift, Leipzig 1906; I, Seite 444 ff.: Das Beharrungs- und Veränderungsvermögen der lebenden Wesen.



11. Logische und genealogische Verwandtschaft des Lebenden.

Die Frage der tatsächlichen Verwandtschaft der Organismen im Sinne eines gemeinsamen Ursprunges ist rein naturwissenschaftlich. Vom Standpunkte der Begriffsbildung ist hier nur darauf hinzuweisen, daß eine Ähnlichkeit der Formen als solche noch kein Beweis des gemeinsamen Ursprunges ist.

Man denke sich doch zwei Sonnensysteme; in jedem einen Planeten, der unserer Erde ähnlich im Systeme angeordnet ist und eine Fauna und Flora besitzt. Wenn die chemischen Elemente für die Urzeugung gleich sind, so besteht eine große Wahrscheinlichkeit, daß auf beiden Planeten ähnliche Naturkörper vorkommen werden. In diesem Falle würde niemand an eine genealogische Zusammengehörigkeit denken. Trotzdem wären die ähnlichen Organismen zur selben logischen Art, beziehungsweise Gattung oder doch zum selben Typus zu zählen.

Mit der Hypothese der Urzeugung der Organismen eines identischen Planeten verhält es sich nicht viel anders. Ist die Urzeugung überhaupt möglich, dann muß sie an allen gleichgearteten Punkten der Erde bei gleichen Stoffen gleich gut möglich gewesen sein, oder sie war überhaupt nicht möglich. Urzeugungen mit leicht herstellbaren Kombinationen

sind dann im Raume und in der Zeit dichter, das heißt zahlreicher gewesen, und Urzeugungen mit schwerer zu findenden Kombinationen seltener und spärlicher. In der Annahme, daß ein Variationsfeld nur an einem einzigen Punkte der Erde ein einziges Mal entstanden sei, liegt selbst schon das größte Mißtrauen gegen die Möglichkeit der Urzeugung. Es kann Organismen geben, die zur selben Art im logischen Sinne gehören und trotzdem verschiedenen genealogischen Ursprung haben. Eine Ausnahme kann nur für die kompliziertesten Organismen gelten, wenn man eine große Zahl bestimmt gemischter Moleküle annimmt. Hier kann man sagen, daß die Zahl der gleichnamigen Urzeugungen mit der Komplikation der Anlage abnehme, und da die Größe der Erdoberfläche so gut wie konstant genommen werden kann, daß diese Zahl auch 1 werden könne.

Denkt man sich als erstes Ergebnis der Urzeugung ein riesenhaftes, kernloses und membranloses Plasma, das die ganze Erde als lebende Haut überzog, so hat diese Vorstellung mit dem gemeinsamen Ursprung gleichartiger Individuen noch immer wenig zu tun. In diesem Plasma müßten sich doch die heterogenen Biomoleküle zusammengefunden haben. Diese Zusammenfindungen können dann an vielen Punkten der Erdoberfläche gleichnamig stattfinden. Daraus ergibt sich wieder die Möglichkeit des getrennten Ursprunges des Gleichen. Die Herkunft aus demselben Urplasma bedeutet keine genealogische Zusammengehörigkeit, weil diese Biomoleküle des Urplasmas nicht auseinander, sondern nebeneinander entstanden und sich nur zum Urplasma aggregierten.

Auch die Blutsverwandtschaft im physiologisch-chemischen Sinne ist bald logisch, bald genealogisch gemeint. Das Serum löst die Blutkörperchen

fremder Tierarten auf, hingegen läßt es die Blutkörperchen solcher Arten, die im zoologischen Systeme einander sehr nahe stehen, unverändert. Menschenserum löst die Blutkörperchen verschiedenster Tierarten auf, nicht aber die Blutkörperchen des Orang-Utan, des Gibbon und des Schimpanse. Wird einem Kaninchen Schafblut oder Blut einer anderen, im zoologischen Systeme fernestehenden Art sp unter die Haut injiziert, und von dem so vorbehandelten Kaninchen Blut genommen, und von diesem Blute das Serum gesondert, so hat dieses veränderte Kaninchenserum zwei Eigenschaften, die dem gewöhnlichen Kaninchenserum fehlen. Es löst die roten Blutkörperchen der Art sp auf, und es gibt mit dem Serum der Art sp einen Niederschlag, beziehungsweise eine Trübung (Bordetsche Fällungsreaktion). Diese Reaktion erfolgt nicht nur gegenüber der Art sp, sondern auch gegenüber anderen Arten, die im zoologischen Systeme sp sehr nahe stehen. Werden Kaninchen mit dem Blute von Gorilla, Orang-Utan oder Schimpanse injiziert, so gibt das vorbehandelte Kaninchenserum nicht nur mit dem Serum dieser Affen, sondern auch mit Menschenserum eine Trübung.

Das injizierte Blut, zum Beispiel Schafblut, enthält Schafblutkörperchen, die sich im Serum des Kaninchenblutes auflösen. Die dem behandelten Kaninchen entnommene Blutmenge enthält also in ihrem gesonderten Serum gelöste Schafblutkörperchen. Das Serum einer Art löst die Blutkörperchen derselben Art selbstverständlich nicht auf. Das Schafblutserum fällt daher aus dem vorbehandelten Kaninchenblutserum die gelöste Substanz der Schafblutkörperchen, die aus dem Kaninchenleib zurückgekommen sind, wieder aus. Die gleiche Fällung könnte auch das Serum eines Schafes erzeugen, das

seinen Ursprung auf eine gesonderte Urzeugung auf einem Planeten eines anderen Sonnensystemes zurückführt, und auf diesem anderen Planeten lebt, wenn nur das Serum transportiert werden könnte. Die gleiche Fällung zeigen solche Arten, die im Systeme sehr weit entfernt sind, aber doch im Serum oder in dem Analogon des Serums ein gleiches Reagens enthalten. Gelingt die Reaktion und sind die geprüften Arten im Systeme sehr weit entfernt, wie eine Vogelspezies und eine Krebsart, dann besteht wohl nur eine logische Verwandtschaft im Sinne der gleichen chemischen Reaktionsfähigkeit. Gelingt die Reaktion und sind die geprüften Arten im Systeme nahestehend, so ist die genealogische Verwandtschaft dadurch wahrscheinlich gemacht, aber nicht strenge bewiesen, denn aus der gemeinsamen Abstammung folgt wohl die Ähnlichkeit, aber aus der Ähnlichkeit nicht die gemeinsame Abstammung. Jedenfalls ist die chemische Serumähnlichkeit nicht imstande, irgendwelche andere Bedenken, namentlich des Formenunterschiedes, zu überwinden.



12. Leben im Sinne der charakterisierten Selbstformung durch sexuell divergente Differenzierung.

Wenn es auch kleine Organismen gibt, die der geschlechtlichen Fortpflanzung entbehren, so findet sich doch eine Spaltung in geschlechtliche Gegensätze nur im Bereiche des Lebenden und bei allen halbwegs höher stehenden Lebensformen. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß sich die geschlechtliche Differenzierung einst auch für die einfachsten Mikrobien auffinden lassen wird.

Umfassender als der Begriff des Geschlechtsgegensatzes ist der Begriff der Polymorphie. Die Honigbiene entwickelt sich entweder als Weisel, oder als Arbeiterin, oder als Drohne. Wir haben hier einen Trimorphismus. Zwei Formen haben eine sexuelle, die dritte eine ergastische Bedeutung. Bei den Termiten finden wir einen Tetramorphismus: zwei sexuelle Formen, Männchen und Weibchen; zwei ergastische Formen: Arbeiter und Krieger. Der Schmetterling Vanessa Levana-Prorsa kommt in einer Frühjahrsform und in einer davon verschiedenen Sommerform vor (Saison-Dimorphismus).

Die sexuelle Differenzierung ist also nur ein besonderer Fall der Polymorphie. Wir suchen bei der Begriffsbildung die Formen mit sexueller Bedeutung

heraus, ohne uns darum zu kümmern, ob daneben auch Formen mit rein ergastischer Bedeutung und Formen der Saisonverschiedenheit existieren oder nicht.

Die Begriffe männlich und weiblich sind leicht zu formulieren, wenn man vom Organismus ausgeht, in dem man diese Gruppe aus der allgemeinen Polymorphie heraushebt. Die Begriffe sind aber schwierig, wenn man bei der Zelle beginnen will, aus der der Organismus entsteht. Wir können eine unbefruchtete Eizelle weiblich, hingegen ein Spermatozoon, ein Spermatozoid, die bei der Konjugation ausschlüpfende Zelle eines Spirogyrafadens männlich nennen. Damit sind wir aber auch am Ende. Ist das Männliche ein positiver Stoff und das Weibliche ein anderer positiver Stoff? Hier sind Hypothesen unvermeidlich. Die antiken Begriffe, die sich bis auf unsere Tage erhalten haben, gehen von den primären Geschlechtscharakteren der Organismen aus. Die Tendenz der neuesten Zeit geht aber dahin, die Zelle als solche weiblich oder männlich zu befinden und den Geschlechtscharakter des Organismus nach der Zellensexualität zu beurteilen. Dadurch entsteht die Nötigung einer neuen Begriffsbildung. Was soll man unter der Zellensexualität verstehen?

Glücklicherweise gibt es hier Tatsachen, die sich an den Zellen selbst finden, und die als primäre Geschlechtscharaktere der Zelle bezeichnet werden können. Allen befruchtungsfähigen Eizellen ist es gemeinsam, daß sie das Vermögen verloren haben, Zellhaut zu bilden. Der Verlust dieses Vermögens ist das negative Merkmal der weiblichen Zelle. Die Zellteilung hört mit der karyokinetischen Kernteilung auf. Eine weibliche Zelle ist daher nicht verjüngt, sondern bezüglich dieses Vermögens erschöpft. Es hört das

Vermögen auf, die Chromosomen zu teilen. Dasselbe gilt von den Centrosomen. Dieses Vermögen der Fortsetzung der Zellteilung ist nicht absolut verloren gegangen. Die Versuche von J. Loeb und Wilson haben gezeigt[1], daß durch chemische Reize und mechanische Einwirkungen unbefruchtete Eier von Seeigeln, Seidenspinnern, Fischen und Amphibien zur künstlichen Fortentwicklung gezwungen werden können. Eben diese Experimente weisen darauf hin, daß eine chemische Erschöpfung des Zellteilungsvermögens stattgefunden hat. Im natürlichen Laufe der Dinge wird diese Erschöpfung durch einen neuen Zellkern ausgeglichen, der in den weiblichen Zelleib einwandert. Das Hautbildungsvermögen ist sofort wieder hergestellt. Die befruchtete Eizelle umgibt sich mit einer Zellhaut und die Karyokinese beginnt nach der Vereinigung der Kerne. Das Vermögen der Zellhautbildung muß daher dem befruchtenden Kerne erhalten geblieben gewesen sein. Da dieser einwandernde Kern nicht selbst die Membran direkt bildet, so liegt die Annahme nahe, daß in ihm dermatogene, hautbildende Biomoleküle enthalten seien, deren Derivate in den Zelleib auswandern und durch die Spaltermoleküle des Zelleibes in Baumoleküle verwandelt werden. Der einwandernde Zellkern wird daher bezüglich des Gehaltes an dermatogenen Biomolekülen als nicht erschöpft bezeichnet werden können. Der Besitz solcher Moleküle allein reicht nicht hin, einen Kern

[1] J. Loeb, Versuche über künstliche Parthenogenesis. American Journal of Physiology, Bd. 3 u. 4, 1900. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Bd. 13, Leipzig 1902. — Wilson, Versuche über künstliche Parthenogenesis. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Bd. 12 u. 13, 1901.

als männlich zu bezeichnen, denn auch die in Teilung begriffenen Zellen eines werdenden weiblichen Organismus müssen solche dermatogene Moleküle im Kerne haben. Es ist höchstens möglich, dem männlichen Kerne einen relativ hohen Gehalt an dieser Substanz zuzuschreiben, wodurch die Abwesenheit dieses Stoffes im weiblichen Kerne bis zum normalen Gehalte ausgeglichen wird. Der Kern einer weiblichen Zelle scheint zur Entwicklung eines neuen Organismus nicht so wichtig zu sein wie der weibliche Zelleib, der unentbehrlich ist. Allerdings würde mit dem weiblichen Kerne die Vererbung der Eigenschaft des mütterlichen Organismus ausgeschaltet werden. Boveri übergoß Seeigeleier, die künstlich kernlos gemacht worden waren, mit Samen einer anderen Seeigelart, und erhielt Larven dieser anderen Art.[1] Von den mütterlichen Artmerkmalen wurde nichts vererbt. Dadurch war der Beweis erbracht, daß der männliche Zellkern im weiblichen Zelleibe den Nährboden findet, dessen er bedarf, und der weibliche Zellleib die Ergänzung im Sinne eines Feldes darstellt, dem die Saat übergeben wird.

Allen befruchtenden Zellkernen ist es gemeinsam, daß ihnen der eigene Zelleib zur Ernährung nicht mehr genügt. Sie müssen, um zu gedeihen, in einen neuen Zelleib gelangen, der besser mit Reservestoffen versehen ist. Sie müssen in diesen neuen Zelleib einwandern, als ob sie Hungerkerne wären, die Nahrung suchen. Die befruchtenden Zellkerne scheinen bezüglich der Arten der in ihnen vorhandenen Biomoleküle durchaus nicht erschöpft zu sein. Namentlich

[1] Boveri, „Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften". Gesellschaft für Morphologie und Physiologie, München, 16. Juli 1883.

dürfte die zur Hautbildung erforderliche dermatogene Substanz reichlich enthalten sein. Eben deshalb, weil im Kerne alle Arten assimilationsbereiter Biomoleküle enthalten sind, wird dieser Kern zum Hungerkern, sobald der Zelleib nicht mehr die Nährstoffe für den Kern mit genügender Geschwindigkeit vorbereiten kann. Die Reservestoffe im Zelleib werden durch das Ernährungsbedürfnis des Kernes erschöpft. Vielleicht geht sogar die Zahl der Spaltermoleküle im Zelleibe zurück, weil auch diese sich nicht mehr genügend vermehren können. Die Erschöpfung der Ernährungsleistung des Zelleibes für den Zellkern ist das negative Merkmal der männlichen Zelle. Durch diese Erschöpfung wird die Zellmännlichkeit definierbar. Die vermutlich aus dem weiblichen Zelleib hinausdiffundierenden Nährstoffe, die der weibliche Kern nicht mehr zu assimilieren vermag, weil gewisse Arten der Biomoleküle nicht mehr da sind, scheinen die in die Nähe kommenden Hungerkerne auf ihrem Wege zu lenken. Der Atrophie des männlich zu nennenden Zelleibes steht die Hypertrophie des weiblichen Zellleibes begrifflich gegenüber. Die Hypertrophie des weiblichen Zelleibes kommt nicht davon her, daß die assimilatorische Fähigkeit gewisser Biomoleküle im Kerne abnimmt, sondern davon, daß diese gewissen Biomoleküle selbst im Kerne nicht mehr da sind, weil sie durch eine Kernteilungsmechanik in andere Zellen geschoben wurden. Umgekehrt ist es sehr wahrscheinlich, daß die Erhaltung dieser kräftig assimilierenden Biomoleküle im männlichen Zellkerne die Erschöpfung des männlichen Zelleibes verursacht.

Wenn diese Vorstellungen berechtigt sind, und die Tatsachen sprechen bis jetzt dafür, so heißt Vergeschlechtlichung der Zelle so viel wie Störung des symbiotischen Gleichgewichtes zwischen

Zelleib und Zellkern bis zur Unmöglichkeit der Lebensfortsetzung.

Befruchtung heißt von diesem Standpunkte aus: Wiederherstellung der Zellharmonie zwischen Zelleib und Zellkern. Die befruchtete Eizelle ist weder männlich noch weiblich. Sie ist harmonisch, oder mindestens nahezu harmonisch. Ist durch die wieder ermöglichte Differenzierung und Zellteilung aus der befruchteten Eizelle ein Organismus geformt worden, so kann in eben diesem Organismus wieder eine Zelle angelegt werden, deren Zelleib so unausgesprochen, so undifferenziert ist, wie der Zelleib einer befruchtungsbedürftigen Eizelle. Hingegen sei der Zellkern noch immer unerschöpft. Er enthalte noch immer dermatogene Biomoleküle. Auch der Zelleib sei nicht erschöpft, so daß er den Zellkern genügend zu ernähren vermag. Im Zelleib befinden sich die lebenden Spaltermoleküle, die die Nährstoffe für sich und den Zellkern zerlegen und auch Reservestoffe anhäufen. Im Zelleib findet auch vorzugsweise jene rückschreitende Metamorphose des Stoffwechsels statt, die bis zum vollständigen Zerfall in kleinste Moleküle führt. Eine solche Zelle ist trotz der vorausgegangenen Körperbildung harmonisch geblieben. Sie bedarf keiner Befruchtung. Im Gegenteile, ein eindringender Kern, der überreich an dermatogenen Biomolekülen ist, würde die Entwicklung hemmen, weil er die Zellharmonie stört. Eine solche Zelle ist eine parthenogenetische Eizelle. Es ist nichts da, was den Wiederbeginn einer Ontogenese aufhalten könnte. Es werden wiederum aus dem Zellkerne alle Arten Biomoleküle in den Zelleib auswandern und jetzt einen frischen Wandbelag bilden, der für die Leitung der Zellenordnung der nächsten Generation ausreicht.

Würde das harmonische Verhältnis zwischen Zell-

kern und Zelleib ewig haltbar sein, so wäre die parthenogenetische Fortpflanzung in der soeben gezeichneten Weise die einzige, die es gibt. Daran lassen sich bereits Folgerungen für die Begriffsbezeichnungen anknüpfen. Parthenogenetische Blattlausgenerationen sind vom Standpunkte der Organismussexualität weiblich, vom Standpunkte der Zellensexualität weder männlich, noch weiblich, noch hermaphroditisch, sondern zellharmonisch. Sie stammen aus harmonischen Zellen und bringen wiederum harmonische Eizellen hervor. Alle Zellen haben von einem parthenogenetischen Eizustande bis zum nächsten innerhalb der Keimbahn Autarkie. Die Zellen sind wie für die Ewigkeit eingestellt, und erst die schlechtere Ernährung im Herbste wirft diese Harmonie um. Die Entstehung der geflügelten, noch parthenogenetischen Formen ist schon ein Anzeichen der beginnenden Störung des Gleichgewichtes. Man pflegt die Entstehung dieser geflügelten, aber noch parthenogenetischen Auswanderer auf die Überfüllung der Wohnstätte, also auch auf schlechtere Ernährung zurückzuführen.

Der Übergang von der Zellharmonie zur Sexualisierung der Zelle läßt sich deutlicher als bei den Blattläusen bei Phylloxera vastatrix verfolgen. Hier legt eine geflügelte Generation, die parthenogenetisch entstanden ist, im Herbste zweierlei Eier. Aus den großen Eiern entstehen ungeflügelte Weibchen, aus den kleinen ungeflügelte Männchen. Das befruchtete Weibchen legt ein einziges Winterei. Aus diesem entsteht wiederum eine parthenogenetische, flügellose Generationsreihe. Die Zellharmonie ist also in dem befruchteten Winterei wiederhergestellt. Die Störung der Zellharmonie muß bereits mit jenem parthenogenetischen Ei begonnen haben, aus dem sich die

geflügelte, wenn auch noch parthenogenetische Generation entwickelte. Die Flügel deuten nämlich darauf hin, daß diejenige Zelldifferenzierung schon begonnen hat, die mit der Anlage parthenogenetischer und doch zugleich sexualisierter Eier endet. Das große Ei ist zwar nicht befruchtungsbedürftig, aber es ist insofern sexualisiert, als sich aus ihm bestimmt nur ein Weibchen entwickelt. Insofern dieses Ei noch nicht der Befruchtung bedarf, oder insofern der Gehalt an dermatogenen Biomolekülen im Zellkerne noch nicht erschöpft ist, insofern ist dieses Ei noch nicht weiblich. Andererseits hat dieses Ei schon die Fähigkeit verloren, einen zellharmonischen Organismus und in diesem wiederum ein parthenogenetisches = harmonisches Ei hervorzubringen. Dieses große Ei ist daher nicht mehr harmonisch und noch nicht weiblich. Es ist mitten in der Verweiblichung begriffen oder halbweiblich. Die Sexualisierung ist hier ein Prozeß, der sich über zwei Generationen erstreckt. Der Anfang ist die noch harmonische Eizelle der geflügelten Generation; die Mitte sind die großen und kleinen parthenogenetischen Eier, das Ende sind die Geschlechtszellen in den ungeflügelten, darmlosen großen Weibchen und kleinen Männchen. Ebenso sind die kleinen Eier der parthenogenetischen geflügelten Generation, aus denen bestimmt nur Männchen hervorgehen, nicht mehr harmonisch, da sie die Fähigkeit verloren haben, einen zellharmonischen oder parthenogenetischen Organismus hervorzubringen. Dieselben Eier sind aber auch noch nicht männlich, denn der reduzierte Zelleib ist noch immer kräftig genug, den dermatogenhaltigen Zellkern zu ernähren, und der Zellkern bedarf noch nicht der Einwanderung in einen anderen hypertrophischen Zelleib. Die kleine Eizelle ist daher mitten auf dem Wege der Vermännlichung oder halbmänn-

lich. Auch dieser Prozeß erstreckt sich hier über zwei Generationen.

Bei den Blattläusen werden die Männchen und Weibchen direkt von parthenogenetischen Generationen lebendig geboren. Das noch parthenogenetische, aber schon sexualisierte Ei entwickelt sich noch im Leibe der Blattlaus, so daß der Prozeß der Vermännlichung und der Verweiblichung der Zellen nur eine einzige Generation benötigt.

Bei unserer Honigbiene finden wir beide Differenzierungsgeschwindigkeiten kombiniert. Aus dem befruchteten Ei wird bei „königlichem" Futter in einer senkrecht angelegten Zelle von größerem Raume und bei besser warm haltenden Wänden wieder eine Königin. Aus den unbefruchteten Eiern werden Drohnen. Das Ei, woraus eine Drohne wird, ist parthenogenetisch entstanden, und bereits halbmännlich im Sinne des soeben entwickelten Begriffes. Der Prozeß der Vermännlichung beginnt bereits in der Königin selbst, denn das parthenogenetisch entstehende Ei ist bereits sexualisiert, aber doch kein Spermatozoon. Dieser Prozeß erstreckt sich weiter durch die ganze Drohnenentwicklung und endet mit der ganz vermännlichten Keimzelle in der Drohne. Der Prozeß ist daher über zwei Generationen verteilt. Versteht man unter einem Männchen einen Organismus, der Spermatozoen produziert, dann ist die Königin ein halbes Männchen, denn sie produziert halbmännliche, jedenfalls sexuell bestimmt männlich gerichtete Keimzellen. Die Drohne ist ein ganzes Männchen. Das zu befruchtende Ei hingegen ist bereits im Leibe der Königin ganz weiblich geworden und durch die Befruchtung der Zellharmonie wiedergegeben. In dieser Beziehung ist die Königin ein ganzes Weibchen. Der Verweiblichungsprozeß verläuft in einer einzigen Generation und im Individuum

der Königin, an deren Anfang die Zellharmonie des befruchteten Eies steht. Wir haben hier den befremdenden Fall, daß die Königin weder ein Zwitter noch ein Weibchen genannt werden kann, hingegen haben wir rein männliche Drohnen. Der anfänglich befremdende Eindruck kommt aber nicht von den Tatsachen her, sondern von unseren noch immer antiken Begriffen der Organismus-Sexualität. Die Vermännlichung der Zellen verläuft bei der Honigbiene viel langsamer als die Verweiblichung. Parthenogenetisch entwickelte und dabei zellharmonisch gebliebene Eier gibt es bei der Biene überhaupt nicht. Die Zellharmonie existiert nur in der Befruchtung und nach der Befruchtung. In den Eiern der Königin ist sie schon wieder verschwunden.

Die Arbeiterbiene entspricht nicht etwa einer sterilen parthenogenetischen Form. Die Arbeiterbiene vermag auch bei günstiger Ernährung nachträglich Eier zu legen. Sie ist aber dann ebenso drohnenbrütig wie eine unbefruchtete Königin. Bekanntlich können auch junge Arbeiterlarven durch rechtzeitigen Wechsel des Futters und der Zellenlage und Zellengröße zu echten Königinnen entwickelt werden. Die Arbeiterbiene hat auch positive Merkmale; sie ist ebenso eine verkümmerte Königin, wie die Königin eine verkümmerte Arbeiterin ist. Es spielt hier in den Verweiblichungsprozeß (eigentlich Verweiselungsprozeß, denn die Königin ist nicht nur Weibchen) eine andere Formung hinein, die bei der königlichen Entwicklung übereilt wird, und dadurch zurücktritt. Bei der Arbeiterbiene verhindert diese Formung die nachfolgende Entwicklungstendenz zum Weisel. Daher können fertige Arbeiterbienen, unter günstiger Ernährung wie Königinnen behandelt, nachträglich drohnenbrütig werden. Es ist nicht notwendig hier

anzunehmen, daß eine ganze Arbeiteranlage mit einer ganzen Weiselanlage in den Wettbewerb tritt. Es genügt hier die Assimilationsgeschwindigkeit für mindestens zwei verschiedene Stoffe desselben Gemenges. Die Arbeiterlarve wird mit anderem Futter ernährt und bedarf einer um vier Tage längeren Entwicklungszeit. Wenn wir zwei verschiedene Biomoleküle mit verschiedenem Stickstoffgehalt haben, so wird durch den Wechsel des Futters die Assimilationsgeschwindigkeit der Biomoleküle in das gegenteilige Verhältnis verkehrt. Ebenso finden wir bei den Termiten die Krieger als verkümmerte Männchen.

Interessant ist bei den Bienen, um bei diesem Beispiele zu bleiben, die sexuelle Determination des befruchteten Eies. Man sollte glauben, daß aus einem zellharmonischen Ei alles Mögliche werden könne, entweder ein Männchen, oder ein Weibchen, oder ein Zwitter, oder eine parthenogenetische Generation, nicht aber genau vorausbestimmt nur ein Weibchen mit Ausschluß des Gegenteiles. Hier kommen uns wieder die antiken Organismus-Sexualitäten in die Quere. Der Weisel ist eben vom Standpunkte der Zellensexualität kein echtes Weibchen, sondern ein Zwitter, dessen männliche Keimzellen aber so langsam vermännlicht werden, daß sie erst in der nächsten Drohnengeneration fertig werden, und den Leib der Königin nicht als Spermatozoen sondern als parthenogenetische, halbmännliche Eier verlassen.

Wir finden in diesen Beispielen die Vermännlichung der Zelle nach der Harmonisierung nie für sich allein, sondern immer als ein divergentes Zugehör zu einer Verweiblichung. Eine zwittrige Zelle gibt es nicht, sondern nur eine Zellharmonie, die der Parthenogenese und jeder Form der sogenannten ungeschlechtlichen Generation zugrunde liegt.

Die Ursachen der sexuellen Differenzierung gehören selbstverständlich zu den größten Geheimnissen. Es gibt hier nur Vermutungen, die nicht den Zweck haben, das Rätsel zu lösen, sondern nur die Wegauffindung und die fruchtbaren Fragestellungen zu erleichtern. Jedenfalls macht man sich das Rätsel noch schwieriger, wenn man spröde Begriffe heranbringt. Vom Standpunkte der Organismus-Sexualität wird man verleitet, die präformierte Anlage für eine ganze, männliche Gestalt mit der präformierten Anlage für eine ganze weibliche Gestalt in einen Wettbewerb um die Formung des künftigen Körpers eintreten zu lassen. Abgesehen von der Präformationsannahme als solcher schafft man sich die Schwierigkeit, daß der Zwitter die Regel, und ein ausgesprochenes Geschlecht die seltene Ausnahme sein müßte. Geht man vom Standpunkte der Zellensexualität aus, so entkommt man wenigstens jenen Schwierigkeiten, die nicht in den Dingen, sondern in unseren überlieferten Begriffen liegen.

Von der Zellensexualität, und zunächst von der noch nicht differenzierten harmonischen Zelle ausgehend, kann ich mir etwa Folgendes vorstellen. In einem harmonischen Zellkerne sei der Zellkern mindestens zum größeren Teile von einer dermatogenen Substanz durchsetzt, die imstande ist, Zellhaut zu bilden, wenn sie selbst oder ihre Derivate in dem Zelleib auswandern. Im Zellkerne selbst sei diese Substanz weich aggregiert. Solange diese Substanz den ganzen Zellkern durchsetzt, wird durch keine Kernteilung die Zellharmonie bezüglich des Wandbildungs- und Wanderhaltungsvermögens gestört werden können. Wenn aber später einmal die Ernährungsgeschwindigkeit dieser Substanz zurückgeht, so wird sie den Kern nicht mehr der Gänze nach durch-

setzen. Durchsetzt sie den Kern nur zu neun Zehntel des Raumes, so kann eine Zellteilung so symmetrisch ausfallen, daß jeder der neuen Kerne wiederum zu neun Zehntel seines Raumes durchsetzt bleibt. Früher oder später kann eine Zellteilung diesen Stoff asymmetrisch teilen; dann ist der eine Kern vollständig, der andere nur zu acht Zehntel seines Raumes durchsetzt. Damit ist eine Differenzierung der Zellen in dermatogenreichere und dermatogenärmere Kerne eingeleitet. Der dermatogenärmere Kern treibt nun der Verweiblichung zu. Erfolgt wieder einmal eine qualitativ asymmetrische Teilung, so ist vielleicht der eine Kern ganz, und der andere nur mehr zu sechs Zehntel seines Raumes von Dermatogen durchsetzt. Die eine der Zellen ist dadurch vermännlicht, die andere stärker verweiblicht. Beginnen wir nicht mit neun Zehntel, sondern mit 0·99, so wird die Differenzierung mehr Zellteilungen beanspruchen, bis ein dermatogenfreier Kern, das heißt eine vollständig verweiblichte Zelle entstanden sein kann. Durch diese Vorstellung wird es plausibel, warum auf eine einzige oder auf wenige weibliche Keimzellen gewöhnlich eine viel größere Zahl männlicher entfällt.

Erhält sich die gleichmäßige Durchsetzung des Kernes mit diesem dermatogenen Stoffe durch viele Zellteilungen, so kann eine parthenogenetische Generationsreihe ablaufen. Der harmonisch gebliebene Kern ist imstande, den abgestorbenen Wandbelag zu erneuern. Ist der Zellkern schon auf dem Wege zur Vermännlichung, also besonders dermatogenreich, so ergibt die Parthenogenese nur somatisch männliche Organismen mit männlichen Keimzellen wie bei der Honigbiene.

Vereinigt sich eine vollständig verweiblichte Zelle, also eine Eizelle, mit einem vollständig vermännlichten

Zellkerne wie bei den Vertebraten, dann ist der Kern der befruchteten Eizelle wieder harmonisch gemacht, wenn sich das überschüssige Dermatogen des Anteiles männlicher Herkunft in den autechthonen Anteil des neuen Zellkernes verbreitet. Die beiden Anteile scheinen im übrigen ihre Eigenart zu behalten und gleich in der ersten Zellteilung wieder auseinanderzugehen.

War der männliche Kern nicht besonders dermatogenreich, so werden die Zellen durch fortschreitende Teilung der Verweiblichung zutreiben. Der reife Organismus produziert dann nur mehr weibliche Keimzellen, und auch die somatischen Zellen haben weiblichen Habitus. War der männliche Kern besonders dermatogenreich, so wird der werdende Organismus mehr und mehr vermännlicht werden und künftig nur männliche Keimzellen hervorbringen. Die Zellharmonie scheint bei den Vertebraten so labil zu sein, daß schon nach der ersten Zellteilung der künftige Organismus geschlechtlich bestimmt ist. Die tatsächliche Differenzierung wird erst viel später sichtbar. Die Organe entwickeln sich erst infolge der vorher eingetretenen Zellensexualität.

Wo keine Parthenogenese vorkommt und wo die Zwitterbildungen nicht die Regel, sondern die selteneren Verformungen sind, wie bei den Vertebraten, dort dürfen wir auch auf zwei Arten männlicher Keimzellen schließen, die selbst wiederum durch eine Differenzierung im Vermännlichungsprozesse entstehen: Keimzellen von geringerem und Keimzellen von höherem Grade der Männlichkeit. Dieselbe Ursache, die den Gegensatz zwischen dermatogenfreien und dermatogenhaltigen Kernen schafft, wird auch den Unterschied zwischen dem größeren und dem geringeren Gehalte schaffen müssen. Die Keimzelle von geringerer

Männlichkeit determiniert die Eizelle zur Verweiblichung; die Keimzelle von größerer Männlichkeit, von größerem Dermatogengehalte, zur Vermännlichung. Bestünde dieser Gegensatz zwischen den Spermatozoen nicht, so wäre es unbegreiflich, daß unter demselben Wurfe männliche und weibliche Junge sein können und keine Zwitter. Die Beschaffenheit der weiblichen Zelle dürfte für die Geschlechtsbestimmung gleichgültig sein. Der Begriff eines männlichen und eines weiblichen Spermatozoons ist wohl eine Künstelei. Hingegen ist es nicht absurd von vermännlichenden und verweiblichenden Spermatozoen zu sprechen. Vielleicht spielt auch die Größe der Spermatozoen eine Rolle, und zwar im Verhältnis zur Größe des weiblichen Kernes.

Nun können wir auf den Begriff der Zellensexualität den Begriff der Organismussexualität aufbauen. Wir können einen Organismus, der nur weibliche Keimzellen zu bilden vermag, weiblich nennen; einen anderen, der nur männliche Keimzellen produziert, männlich; einen anderen, der harmonisch gebliebene Keimzellen produziert, parthenogenetisch; einen vierten, der sowohl männliche als weibliche Keimzellen hervorbringt, hermaphroditisch; einen fünften, der weibliche und halb-männliche Keimzellen bildet, wie die Bienenkönigin, weiblich-hermaphroditisch.[1].

Es erhellt schon aus dieser Begriffserläuterung, daß ein Organismus auch dann weiblich genannt werden kann, wenn er nicht durchaus aus weiblichen Zellen besteht. Es genügt, daß diejenigen Zellen in der Verweiblichung begriffen sind, als deren Endergebnis die vollständig verweiblichte Eizelle erscheint. Die in der Vermännlichung befindlichen Zellteilungs-

[1] Es gibt auch echte Zwitterbienen.

reihen werden dann im Somatischen außerhalb der Keimbahn zu finden sein. Ebensowenig muß ein männlicher Organismus nicht durchaus aus männlichen Zellen bestehen. Viele Zellen können in die Richtung der Verweiblichung gebracht worden sein und sich im Somatischen vorfinden, ohne daß jemals die Verweiblichung bis zur Erreichung der Eizelle fortschreiten könnte.

Der antiken Begriffsbildung ist die Zellensexualität vollständig fremd. Hier steht die Organismussexualität am Anfange und am Ende. Daher gibt es nur den Begriff des Männlichen, des Weiblichen, des Zwitters und des Ungeschlechtlichen. Das Parthenogenetische spielt keine Rolle. Diese Vermehrungsart wurde noch in neuerer Zeit als eingeschlechtlich-weiblich bezeichnet, obwohl sie eigentlich übergeschlechtlich ist und jenes Neutrale vorstellt, das sich in Männlich und Weiblich differenzieren kann. Die Nachwirkung der antiken Auffassung verursacht auch eine zu scharfe Scheidung der Begriffe Konjugation und geschlechtliche Zeugung. Wir finden bei manchen Algen die Entwicklung von gleichgeformten Schwärmsporen (Zoogameten), die, wenn sie sich treffen, zu zweien verschmelzen und dann eine Zellwand anlegen (Zygospore). Vom Standpunkte des Begriffes der Organismensexualität ist dies keine geschlechtliche Zeugung, obwohl aus der Zygospore, zum Beispiel bei Ulotrix zonata, mehrere bewegliche Sporen, 2—14, hervorgehen, die ausschlüpfen und zu Algenpflänzchen werden. Man ist bei der Gleichheit der Zoogameten in Verlegenheit, die männliche Zelle von der weiblichen zu unterscheiden. Vom Standpunkte der Zellensexualität ist das Problem einfacher. Die Gestalt der Zelle ist Nebensache. Die Hauptsache liegt in dem chemischen Vermögen der Membran-

bildung. Dieses Vermögen können nicht beide Zellen verloren haben, sonst würde ihnen die Konjugation nichts nützen. Dieses Vermögen äußert sich für beide Teile erst durch die Konjugation. Es werden hier komplementäre Unzulänglichkeiten bestehen, die durch die Vereinigung zur Zellharmonie führen, und die parthenogenetische Erzeugung einer anderen Zoosporengeneration einleiten. Es genügt, daß der Gegensatz der Zoogameten ein Stoffgegensatz sei, dessen Ausgleichung die Bildung der Zellmembranen und die Fortsetzung der Zellteilungen ermöglicht.

Eine ähnliche Schwierigkeit bietet die Zahl der gleichgeformten Gameten. Nicht zwei, sondern sehr viele Myxamoeben verschmelzen zu einem großen Plasmodium (zum Beispiel Lohblüte, Aethalium septicum Lk.). Die Zoogameten der Alge Hydrodictyon utriculatum Roth vereinigen sich häufig zu zweien, aber auch mitunter bis zu sechs. Die Zweizahl ist mit dem Begriffe der Organismussexualität verbunden, daher entsteht hier eine Verlegenheit. Der Begriff der Zellensexualität ist den Dingen besser angepaßt. Die Konjugation ist eigentlich nur jener besondere Fall der geschlechtlichen Zeugung, wo die chemische Differenzierung der Gameten nicht morphologisch erkennbar ist. Die Zahl der Gameten ist gleichgültig. Wenn zwei einander komplementäre Gameten die Membran der Zygospore nicht sofort herstellen, so haben noch andere Gameten Zeit, sich anzuschließen. Erst der Abschluß durch ein Membran verhindert das Ausströmen jener Stoffe, durch die die Zoogameten angezogen werden. Bei den Plasmodien ist die Anlage der Sporangien weit verzögert, so daß eine große Zahl von Gameten zur Vereinigung kommt. Das Kriterium der Zellensexualität ist nicht eine Zweizahl eines morphologischen Gegensatzes, sondern die Wiedererlangung

des Hautbildungsvermögens durch eine Ausgleichung chemisch komplementären Unzulänglichkeiten.

Das Festhalten am antiken Begriffe führt zur Erklärung der sexuellen Differenzierung durch eine Präformation von mehreren Ganzanlagen, die untereinander um die Entwicklung kämpfen müssen. Die Hypothese Weismanns erfordert für die Termiten vier präformierte Anlagen von ganzen Organismen: Männchen, Krieger, Weibchen, Arbeiter. Unter der Präformation sind freilich nicht vier Tiere gemeint, sondern vier bestimmt kombinierte Determinantenaggregationen, von denen sich die Determinanten in bestimmter Abfolge lösen. Es ist schwer vorzustellen, wie dieser Wettbewerb zwischen vier Anlagen, und wären es selbst nur zwei, ausgetragen werden soll.[1]

Es ist nicht notwendig, zwei Ganzanlagen entgegengesetzten Geschlechtes anzunehmen. Es genügt eine einzige Anlage, die sich je nach der fortschreitenden Vermännlichung oder Verweiblichung des Zellkernes nach dieser oder nach jener Richtung entwickelt und solange sexuell unentschieden bleibt, als sich der Zellkern von der Zellharmonie noch nicht weit entfernt hat.

Es besteht möglicherweise ein Zusammenhang mit dem Dermatogengehalte und den übrigen Bildungsstoffen. Ein großer Dermatogengehalt reduziert leicht die

[1] In meinem Buche „Letzte Lebenseinheiten . . .“, Wien 1897, nahm ich selbst noch zwei bis vier Anlagen nach dem Vorbilde des Weismannschen Ides an, jedoch so vereinfacht, daß nicht eine ganze Körperanlage, sondern nur eine Segmentanlage im Ide enthalten sei (Protomorph). Die Segmente sollten sich erst epigenetisch differenzieren. Die Hypothese Hatscheks (1905) scheint mir auch diese Annahme entbehrlich zu machen, da man durch qualitativ asymmetrische Differenzierung dasselbe Resultat konstruieren kann.

Menge der übrigen Bildungsstoffe und umgekehrt. Damit kann es zusammenhängen, daß ein männlicher Organismus leicht mit seiner allgemeinen Körperähnlichkeit, wenn er diese dominierend überträgt, das entgegengesetzte Geschlecht determiniert, und mit einer geringeren Körperähnlichkeit das gleiche Geschlecht. Das heißt, die somatische Entwicklung im Sinne starker Vermännlichung muß nicht notwendig mit der Produktion stark vermännlichter Keimzellen verbunden sein. Es scheint hier auch viel von dem Größenverhältnisse der beiden Keimzellkerne zueinander abzuhängen.

Literatur.

Cuénot, Sur la détermination du sexe chez les animaux, Bulletin scientifique de la France et de la Belgique 1899, Bd. 32.

Lenhossék, Das Problem der geschlechtsbestimmenden Ursachen, Jena 1903.

Schultze, Zur Frage von den geschlechtsbildenden Ursachen, Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. 63, 1903.

Rignano, Eugenio, Das biologische Gedächtnis in der Energetik, Ostwalds Annalen der Naturphilosophie, VIII, Seite 333 ff.



13. Leben im Sinne der Selbstbeweglichkeit mit Hilfe besonderer Organe und überhaupt der Selbstregulierung der „Betriebsfunktionen“.

Man könnte kürzer sagen: Leben im Sinne dessen, was Organe hat. Ein lebender Naturkörper formt sich nicht nur in heteromorphe Teile, es geschieht auch etwas mit diesen Teilen und in ihnen. In Rücksicht auf die Form nennt man diese Teile Glieder; in Rücksicht auf die Geschehnisse nennt man sie Organe.

Der Begriff der Selbstregulierung bezog sich ursprünglich auf den selbsttätigen Ortswechsel der animalischen Lebewesen. Das animalische Lebewesen bewegt sich selbst durch sich selbst“[1] sagt Aristoteles. „Zuweilen, wenn in uns keine Bewegung ist, wir vielmehr ruhen, kommen wir dennoch in Bewegung; es entsteht in uns aus uns selbst eine Ursache (ἀρχή) einer Bewegung, auch wenn nichts von außen her uns bewegt. Das sehen wir an dem Unbelebten nicht in ähnlicher Weise, sondern es belebt etwas Fremdes das Unbelebte von außen; von dem animalischen Lebewesen sagen wir, daß es sich selbst bewege.“[2] „Alle animalischen Lebewesen bewegen und werden (durch

[1] φυσικῆς ἀκροάσεως Θ 4. 254. b. 15.

[2] φυσικῆς ἀκροάσεως Θ 2. 252. b. 18.

sich selbst) bewegt um irgendetwas willen, so daß dies, der Zweck, für sie das Endziel einer jeden Bewegung ist. Wir sehen, daß die Beweger des animalischen Wesens der Verstand, die Phantasie, die Wahl und der Wille und das Begehren sind."[1]

Dieser Begriffsinhalt hat sich nach zwei Seiten hin erweitert. An die Stelle der bewegenden Zweckvorstellung und des erreichten Zweckes trat seit Cartesius für die tierischen Lebewesen ausnahmslos das bewegende physiologische Agens und das Ergebnis der Selbsterhaltung. Nur für jene menschlichen Handlungen wurde von Cartesius eine Ausnahme gemacht, die eine Folge einer vernünftigen Überlegung sind. Aber auch hier sind die eigentlichen Beweger die physiologischen Agentien, die von der Seele nur in der Richtung gelenkt, aber nicht mit Bewegungsgröße ausgestattet werden können. Nach einer anderen Seite hin wurde der Begriffsinhalt erweitert, insoferne nicht nur der Ortswechsel durch Muskelkontraktion in Betracht kam, also nur eine Reaktion des Körpers auf seine Umgebung, sondern auch eine Reaktion der Teile aufeinander mit dem Ergebnisse der Selbsterhaltung des Ganzen. Dadurch konnte die Selbstregulierung auf alle, auch auf chemische Vorgänge ausgebreitet werden. Weil nicht mehr die Empfindung und der Wille als der physiologisch direkt bewegende Faktor angenommen wurden, so konnten auch die Pflanzen in den Begriff des sich selbst Regulierenden einbezogen werden.

Eine weitere Ausbildung erfuhr der Begriffsinhalt durch den Hinweis darauf, daß auch der Kampf der Teile miteinander für das Ganze das Ergebnis der Selbsterhaltung haben könne.[2]

[1] περὶ ζῴων κινήσεως 6. 700. b. 15.

[2] W. Roux, Kampf der Teile im Organismus, 1881.

Die Selbstregulierung der Organismen ist zeitlich begrenzt, so daß die Unfähigkeit der Organismen, sich endlos selbst regulieren zu können, für das Leben ebenso charakteristisch ist, wie diese Fähigkeit selbst.

Diese begrenzte, aber innerhalb der Grenzen wunderbare Selbstregulierung fehlt allen unbelebten Systemen aus heterogenen Teilen schon deshalb, weil die Selbstregulierung in den Begriff des Lebenden aufgenommen ist. Fänden wir irgendwo ein solches System, so würden wir uns veranlaßt sehen, es in dieser Hinsicht lebendig zu nennen.

Auch die Einprägung einer gefundenen Selbstregulierung oder einer gefundenen zweckmäßigen Reaktion gilt häufig als ein allgemeines Merkmal der lebenden Materie.[1] Die Selbstregulierung gilt für erwerbbar. Wir haben zweierlei Gedächtnis zu unterscheiden: das vorstellende oder imaginatorische und die reproduzierte und reproduzierbare Bewegung oder das motorische Gedächtnis. Das motorische Gedächtnis ermöglicht uns die Reproduktion des Wortes, das imaginatorische die Reproduktion der Vorstellung. Die Reizung zur Reproduktion der Vorstellung ist ebenfalls insoferne motorisch, als man eine Lokalisation der Vorstellungsbedingung annimmt, und mithin das Erfordernis einer Leitungsbahnung zu einem bestimmten Orte oder Komplexe hin. Ob die Einprägung motorischer Reizleitungsbahnen vererbt werden könne, ist eine offene und kaum zu bejahende Frage. Jedenfalls ist hier das Funktionsproblem an das Formungsproblem angehängt. Es kann nur so viel Funktion, so viel Selbstregulierung vererbt werden, als Formung vererbt wird. Richard Semon nennt die Einprägung,

[1] E. Hering, „Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organischen Materie", Wien 1870.

die sich fortzuerhalten vermag, ein Engramm; die Funktion auf Grund eines Engrammes heißt dann das Ekphorieren.[1]

Literatur.

Wilhelm Roux, Über die Selbstregulation der Lebewesen. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, 13. Bd., 4. Heft, 1902.

[1] Richard Semon, „Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens“, Leipzig 1904. Semon führt den Gedanken Herings „Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organischen Materie“, der auf 20 Seiten ausgesprochen wurde, auf 353 Seiten zu einem Systeme aus.



14. Das Zusammenleben oder die Symbiose.

Das Wort συμβίωσις bedeutete bei den Griechen nur das menschliche Zusammenleben, und auch dieses vorzugsweise von der geistigen Seite. Das Wort hat seine Bedeutung nach der Aufnahme in die internationale Sprache auf das körperliche Gebiet verschoben, das die Griechen mit συζῆν hätten bezeichnen können, da ζωή mehr das physiologische und βίος mehr das psychische Leben bedeutete. Jede Herde, jede Bienenfamilie kann eine Symbiose genannt werden, ebenso jeder charakterisierte Wald zusammen mit der Unterflora und dem Waldsaume. Den einzelnen Organismus einer Symbiose nennt man herkömmlicherweise einen Symbionten (von συμβιῶν). Daneben existiert auch das Wort Symbiot, von συμβιωτής, Lebensgenosse.

Die Symbiose findet sich im Pflanzenreiche, im Tierreiche und in der menschlichen Gesellschaft. Der Staat ist eine symbiotische Einheit, die Familie ist eine andere, die Sprachgenossenschaft eine dritte, und so läßt sich die ganze menschliche Gesellschaft als ein System von vielen symbiotischen Einheiten auffassen, die nach der Zahl der Symbioten und dem Inhalte der symbiotischen Vorgänge ganz bedeutende Unterschiede aufweisen. Der Mensch steht auch in einem symbiotischen Verhältnisse zum Tier- und Pflan-

zenreiche, weil er ohne diese nicht leben könnte. Es bestehen auch mannigfache Beziehungen zwischen dem Tier- und Pflanzenreiche, die nicht nur in den Ernährungsverhältnissen begründet sind, wie Insekten und Pflanzenbefruchtung.

Symbiose ist ein weiterer Begriff als Sozietät und Kooperation. Zur Symbiose gehört vor allem der Kampf ums Dasein, dann das Bündnis und die Kooperation zum Zwecke des Kampfes, dann das Schutzverhältnis gewöhnlich der älteren zur jüngeren Generation ebenfalls zur Bestehung des künftigen Kampfes ums Dasein. Neben diesen drei Verhältnissen haben wir ein viertes und ein fünftes, die mit dem Kampfe ums Dasein nichts zu tun haben.

Zur Symbiose gehört auch das gleichzeitige oder parallele Nebeneinanderleben vieler Organismen, deren Lebensergebnisse oder Lebenswerke sich zu einer Gesamtwirkung addieren oder kumulieren, ohne daß ein Kampf oder eine Kooperation stattgefunden hätte. Ein Beispiel für dieses Kumulationsverhältnis ist die Enstehung von Kieselgurlagern aus den Kieselpanzern abgestorbener Diatomaceen.

Zur Symbiose gehört auch das sogenannte Tributverhältnis, das häufig irrtümlich mit dem Kampfe ums Dasein verwechselt oder wenigstens in den Begriffsgrenzen verwischt wird. Im „Kampfe“ der Katze mit der Maus ist es ausgeschlossen, daß einmal die Maus die Katze fangen und fressen werde. Man sollte hier gar nicht von einem Kampfe sprechen, sondern nur von einer Tributeinhebung. Eine Art ist hier einer anderen Art tributpflichtig, um ein Bild zu gebrauchen. Es findet bei vielen Tributeinhebungen ein Kampf statt, aber dieser Kampf berührt nie den Sinn der Tributpflichtigkeit oder Tributrichtung; es besteht nur ein Bestreben des Untergeordneten, sich der Tribut-

pflicht zu entziehen, und die Tributeinhebung nach Möglichkeit zu erschweren. Es gelingt auch in vielen Fällen, die Tributeinhebung zu vereiteln. Dadurch wird die Entrichtung des Tributes hinausgeschoben, aber nicht aufgehoben. Das Tributverhältnis ist daher vielfach mit einem Kampf um die Entrichtung des Tributes kombiniert.

Der Kampf ums Dasein wird in zwei Formen geführt: als Kampf ums Dasein des Individuums, und als Kampf um die Fortpflanzung oder als Kampf ums Dasein der Nachkommenschaft des Individuums. Es kämpfen bereits die Keime der künftigen Individuen sozusagen untereinander mit Hilfe der Körper, in denen sie geborgen sind.

Wir erhalten also fünf symbiotische Verhältnisse: Kollision, Kooperation, Protektion, Akkumulation (der Wirkungen) und Tribut. Diese Verhältnisse bestehen zwischen den gleichzeitig Lebenden. Außerdem gibt es ein Verhältnis der Gegenwart zur Vergangenheit, oder die Probiose und Epibiose. Die Vorgänger im Leben können ihren Nachfolgern das Leben ganz bedeutend erleichtern, aber auch ganz bedeutend erschweren. Es kann auch durch die blinde Akkumulation zahlreicher planloser Handlungen für die Nachfolger ein Problem geschaffen werden, das früher nicht geahnt wurde. Es gibt daher freundliche, feindliche und indifferente Verhältnisse der Vergangenheit zur Gegenwart, und ebenso der Gegenwart zur Zukunft, denn die Gegenwart ist zur Vergangenheit epibiotisch und zur Zukunft probiotisch. Die Gegenwart kann sogar in ein tributäres Verhältnis zur Vergangenheit gelangen, wenn die Vergangenheit auf Kosten der Gegenwart gelebt hat. Die Gegenwart kann auch der Zukunft tributär werden, wenn sie in der Sorge für die Zukunft aufgeht.

Auch auf dem außermenschlichen Gebiete finden sich alle fünf symbiotischen Verhältnisse. Die Aufmerksamkeit erregten zunächst drei: der Parasitismus, der Mutualismus und die Gastsymbiose.

Der Parasitismus ist ein besonderer Fall der Tributpflichtigkeit. Tributeinheber ist der sogenannte Parasit. Die Besonderheit des Falles besteht zunächst darin, daß der Schmarotzer einen, und zwar einen fremdartigen Organismus befällt, und nicht, wie zum Beispiele die Raubtiere, viele Organismen tötet. Hat der Schmarotzer selbst Entwicklungsstadien durchzumachen, so befällt er in jedem Stadium einen anderen Wirt, aber auch nur einen einzigen für jedes Stadium. So lebt zum Beispiele der sogenannte Getreiderost, Puccinia graminis, auf den Blättern des Sauerdorns, Berberis vulgaris L. Auf der Unterseite der Blätter entwickeln sich orangegefärbte Flecken, aus denen Äcidiosporen abfallen. Diese Äcidiosporen keimen nun auf Gräsern und entwickeln sich dort zum sogenannten Getreideroste, der früher als eine besondere Pilzart, Uredo, bezeichnet wurde. Gegen den Herbst zu bildet dieser Pilz sogenannte Teleutosporen, die sich wiederum auf den Blättern des Sauerdorns entwickeln, so daß der Kreis geschlossen ist. Ein anderes Merkmal des Parasitismus ist die physische Vereinigung mit dem Wirte. Der Parasit mag nun vom Leibe des Wirtes selbst leben, oder nur von seiner Nahrung mitzehren, immer hängt er im Leibe oder am Leibe des Wirtes, oder er verwächst mit ihm oder er wohnt mit im Blute. Ein drittes Merkmal ist die einseitige Ausnützung des Wirtes ohne eine Gegenleistung für ihn. Dieses Merkmal ist nicht dem Parasitismus eigentümlich, sondern im ganzen Bereiche des Tributverhältnisses zu finden. Die Hasen haben vom Raubzeug keinen Nutzen, ohne daß man

das Raubzeug Parasiten nennen würde. Ein viertes Merkmal ist die Minderwertigkeit des Parasiten, verglichen mit der Organisationshöhe des Wirtes.

Der Mutualismus gehört unter den Begriff der (unbewußten) Kooperation. Das Zusammenleben bringt beiden Symbioten Vorteile. Die Pflanzenbefruchtung durch Insekten, die den Pollen übertragen, dafür aber die von den Blumen dargebotene Nahrung aufsuchen und aufnehmen, sind ein Beispiel. Die Vorteile können mit Nachteilen verbunden und auch ungleich verteilt sein. Dadurch entstehen die Mittelglieder zwischen dem Mutualismus und dem Parasitismus.

Die Gastsymbiose ist dadurch charakterisiert, daß die Symbiose zwar nur dem einen Symbioten den Nutzen der Wohnung, des Schutzes vor Gefahren verschiedener Art, dem Wirte aber keinen Schaden bringt. Azolla ist ein kleiner, schwimmender Wasserfarn, der in vier Arten (außereuropäisch) vorkommt. Jedes Blattläppchen hat eine Höhlung, und in jeder Höhlung wohnt eine kleine, perlschnurartige Alge, die Anabaena.[1] Auch die Gastsymbiose fällt unter den Begriff des Tributverhältnisses, denn der Tribut kann auch in der Form der Gewährung des Schutzes entrichtet werden.

Solange man auf den ersten Blick den Organismus von der Symbiose unterscheiden konnte, solange waren die physiologischen Probleme von den symbiologischen deutlich geschieden. Alles, was sich innerhalb eines Organismus abspielt, ist einfach biotisch; hingegen ist alles, was sich im Verhältnisse zweier Organismen vollzieht, symbiotisch; es sei nun ein Kampf, oder eine Kooperation, oder eine Tributeinhebung, oder was

[1] Strasburger, Über Azolla, Jena 1873.

sonst immer. Der Sprachgebrauch entschied hier dafür, daß man das einfach Biotische Physiologisch nannte; hingegen hieß das Symbiotische schlechthin Biologisch, als ob auf der einen Seite φύσις und auf der anderen Bios zu unterscheiden wäre. Das Verhältnis eines Organismus zu seiner unbelebten Umgebung, insbesondere zum Klima, zur Veränderung der Erdoberfläche usf., und das daran auch hängende, wenn auch nicht allein hängende Problem der Verbreitung wird übereinstimmend zur Biologie gerechnet.

Diese fast idyllische Einfachheit der Verhältnisse wurde durch die Entdeckung der Flechtensymbiose vernichtet. Die Flechten oder Lichenen, über 2000 Arten umfassend, wurden früher selbstverständlich als Organismen betrachtet. In den Flechten finden sich einzeln und gruppenweise kugelige, grüne Zellen, die sogenannten Gonidien. Man fand, daß diese Gonidien außerhalb des Flechtenkörpers zu leben vermögen und sich dann wie bekannte Algen verhalten.[1] Andrerseits hatte man sich vergebens bemüht, aus den Flechtensporen wiederum Flechten zu erhalten; die Versuche ergaben nur pilzähnliche kleine Gewächse, die bald zugrunde gingen. Man hat zunächst auf diesem analytischen Wege (De Bary 1866, Schwendener 1869, Bornet 1873) gefunden, daß gewisse Algen, die von gewissen Pilzen umwachsen werden, durch gegenseitige Beeinflussung einen einheitlich scheinenden Organismus, den Flechtenkörper, erzeugen, der aber dennoch eine Symbiose ist und bleibt. Später gelang das synthetische Experiment. F. Schwendener säete die Sporen der betreffenden Flechtenpilze auf die betreffenden Algen und erhielt natürliche Flechten. Diese Ex-

[1] S. Schwendener, Über die Algentypen der Flechtengonidien, 1869.

perimente wurden von Bornet, Rees, Stahl und anderen bestätigt und auf andere Arten ausgedehnt.

Diese Symbiose hat mutualistischen Charakter. Die Algen können sich selbständig ernähren, und eigentlich selbständig besser ernähren, da ihnen der Pilz nichts wegnimmt. Hingegen werden sie durch den umhüllenden Pilz vor dem Vertrocknen geschützt und können auf Standorten gedeihen, wo selbständige Algen nicht mehr leben können. Der Pilz hat einen ausgesprochenen Vorteil aus der Ernährung durch die assimilierende Alge. Beide Symbioten bauen einen gemeinsamen Körper.

Die Flechtensymbiose mußte auf die Auffassung der Zelle zurückwirken, und diese Einwirkung macht sich immer mehr geltend. Die Analogie zwischen Flechtensymbiose und Zelle ist so schlagend, daß wir in der Literatur zunächst immer häufiger die Zelle gleichnisweise eine Symbiose genannt finden. Zunächst nur gleichnisweise. Der Zellkern dient vor allem der Vermehrung der letzten arteigenen Lebenseinheiten oder Elementarbioten, und dann wahrscheinlich auch der Versorgung des Zelleibes mit Molekülen, aus denen Sekrete und Gerüstteilchen gewonnen werden sollen, und nicht zuletzt der Schaffung einer Zellhaut und eines plasmatischen Wandbelages. Der Zelleib scheint durch seine energisch spaltenden Elementarbioten und Oxydatoren einen lebhaften Stoffwechsel zu unterhalten, der wiederum dem Zellkerne und der Zellwand zugute kommt. Jedenfalls scheinen die Funktionen des Zelleibes, des Zellkernes und der Zellwand komplementär differenziert zu sein.

Von diesem Gleichnisse ist nur mehr ein Schritt zur Hypothese, die Einwanderung des Zellkernes in den Zelleib als ein prähistorisches Ereignis zu vermuten. Heute noch kann man Gonidien und Pilz

voneinander trennen, weil nur Zellen vereinigt sind, nicht aber Zellenbestandteile. Die Natur selbst gibt einen Fingerzeig. Der Zellkern männlicher Herkunft hat sich vom Zelleib wie ein Symbiot frei gemacht, der in seiner Symbiose nicht mehr ernährt wird. Dieser Zellkern dringt in den Zelleib (Cytoplasma) der Eizelle ein, als ob er dort Nahrung suchte und fände. Die Befruchtung einer Eizelle macht den Eindruck der Begründung einer neuen Symbiose zwischen dem Zelleibe der Eizelle und dem eingedrungenen, bisher fremden Zellkerne. Es zeigt sich auch sofort eine Wechselwirkung in der Fähigkeit des Zelleibes, sich mit einer neuen Zellhaut zu umgeben.

Diese Auffassung läßt sich kaum mehr zurückdämmen, und es ist auch kein Grund vorhanden, ihr Widerstand zu leisten. Natürlich können zwei nackte und kernlose Protoplasmen, die in eine Symbiose eingehen, dadurch keine Membran erzeugen. Einer der beiden zukünftigen Symbioten muß eine Membran besitzen, während der andere keine Membran besitzen darf, oder wenigstens zur Zeit, wo er für eine Symbiose reif wird, keine besitzt. Es mag sein, daß es ursprünglich einerseits kernlose Protoplasmen gegeben hat, die keine Membran zu bilden vermochten, und andrerseits von Membranen umhüllte Kerne, die keinen Zelleib hatten. Wenn nun alle nackten Zellen Kerneinwanderungen erfahren haben sollten, so würde dadurch verständlich, daß heute kernlose nackte Zellen nicht mehr angetroffen werden. Die Membran des Kernes erscheint nach der Einwanderung als eine Membran der gesamten Zelle, weil die wandbildenden (dermatogenen) letzten Lebenseinheiten an die Peripherie des Protoplasmas wandern müssen, wo sie ernährt werden können.

Hingegen könnten sehr wohl von Membranen um-

gebene Protoplasmen übrig geblieben sein, die nirgends einwanderten und infolgedessen nicht zu Kernen von Zellen wurden. Die Hefepilze besitzen keinen Gegensatz zwischen Zellkern und Zelleib, wohl aber eine Membran. Sie sind daher weder das eine, noch das andere. Es ist charakteristisch, daß sie keine geschlechtliche Fortpflanzung haben, wohl aber Ganzteilungen (Brutzellen), wenn sie auf feuchter Unterlage kultiviert werden. Die meisten Pilzzellen sind kernlos.

Es gibt indessen zweierlei Kernbegriffe: einen chemischen und einen morphologischen. Chemisch ist der Kern durch den Gehalt an Nukleoproteiden charakterisiert.[1] Demnach müßte die Hefezelle ein von einer Membran umhüllter Kern genannt werden. Morphologisch ist diese Bezeichnung nicht möglich, weil es hier keinen Gegensatz zwischen einem zentralen und einem peripheren Teile gibt.[2]

Selbstverständlich kann sich in einigen anderen Fällen ein Gegensatz zwischen einem Kerne und einem Zelleibe auch ohne Einwanderung durch Differenzierung herausbilden, indem sich einige Klassen von letzten Lebenseinheiten zu einem weichen Aggregate vereinigen und dadurch von den anderen absondern. Diese Differenzierung bedeutet für das Ganze keinen Gewinn an neuen Eigenschaften, während die Begründung einer Symbiose mit dem einwandernden Kerne auch die Eigenschaften des Kernes und die

---

[1] Nukleoproteide kommen auch außerhalb des Kernes vor.

[2] Hierüber: Bütschli, Über den Bau der Bakterien und verwandter Organismen, Leipzig 1890; J. Wiesner, Elementarstruktur, Wien 1892, Seite 260ff.; Krasser, Österr. bot. Zeitschrift 1885, Nr. 11 bewies, daß die Hefe nicht in Kern und Cytoplasma differenziert sei, auch nicht nach der Präparation.

Wechselwirkungen zwischen den Symbioten zuwachsen läßt.

Es ist nicht notwendig, daß heute noch ein Protoplasma ohne Kern lebensfähig sein müßte, wenn diese Einwanderung jemals stattgefunden haben sollte. Eben unter dem Einflusse der Symbiose können einige Arten letzter Lebenseinheiten abgezüchtet worden sein, so daß jetzt die Symbioten zu dauernd selbständigem Leben nicht mehr befähigt sind.

Es ist endlich auch nicht ausgeschlossen, daß einige Einwanderer sich mit dem vorgefundenen kernlosen Plasma so vereinigt haben, daß sich überhaupt kein Kern von einem Cytoplasma unterscheiden läßt, obwohl eine Einwanderung stattgefunden hat. Man kann zum Beispiel die Hefezellen auch in dieser Weise deuten, obwohl diese Deutung nicht notwendig ist.

Die Befruchtung der Eizelle scheint ein Rest, eine Wiederholung dieser prähistorischen Einwanderung zu sein, die nur durch das Vorhandensein des weiblichen Kernes kompliziert wird.

Durch diese Auffassung wird das Urzeugungsproblem bedeutend vereinfacht, wenn auch dadurch allein nicht gelöst. Es ergibt sich ein Ausblick auf viele Kombinationen aus wenigeren Elementen.

Der Begriff der Symbiose läßt sich weiter auch auf den Zellkern für sich und auf den Zelleib für sich anwenden. Darin liegt eine weitere Vereinfachung. Der Zellkern kann als eine Symbiose von Biomolekülen oder Elementarbioten aufgefaßt werden; ebenso der Zelleib als eine andere Symbiose aus anderen Elementarbioten, die im Zelleib autochthon sind. Der Zellkern, der vorzugsweise der Vermehrung dient, muß verhältnismäßig frei von Spaltermolekülen sein. Diejenigen Elementarbioten, die sich verdoppeln sollen,

müssen gegen die Spaltermoleküle des Zellkernes immun sein, sonst verfallen sie der rückschreitenden Metamorphose des Stoffwechsels. Die Spaltermoleküle dürfen keine Störer des Verdoppelungsprozesses sein. Dasselbe gilt auch für den Zelleib, wenn dieses ein selbständiger Urorganismus ohne Formung gewesen sein soll. Die Spaltermoleküle dürfen nur auf die als Nahrung eindringenden unbelebten Moleküle einwirken, denn der Begriff des Diffissormoleküles ist relativ. Die Spaltermoleküle müssen selbst lebend sein, oder mindestens eine oder einige Arten von ihnen müssen es sein, sonst verschwänden sie quantitativ durch die Zellteilungen.

Das symbiotische Verhältnis ermöglicht nun einen Austausch lebender und unbelebter Moleküle zwischen den Symbioten. Diese Wanderungen aus dem Zellkerne in den Zelleib machen es uns leichter begreiflich, daß ein Elementarbiot, der im Zellkerne gegen die Diffissormoleküle des Zellkernes immun war und sich ungestört verdoppeln konnte, nach der Einwanderung in den Zelleib diese Immunität verlieren kann. Er kommt mit einer anderen Sorte von Diffissormolekülen zusammen, gegen die er nicht immun ist, und durch die er entweder zur Stoffwechselarbeit ganz zertrümmert, oder auf ein Baumolekül der Zellwand, auf ein Sekretmolekül reduziert wird. Dadurch wird es verständlich, daß der Zelleib erst durch die Symbiose Zellwandbaumoleküle zu erzeugen befähigt wird. Dadurch, daß die Zellwand und die Zellteilungswand möglich wird, bedingt erst die Symbiose die Entwicklung zum vielzelligen Körper.

Die Zusammenfindung vieler Elementarbioten zu einer Urzelle, die noch nicht Kern und noch nicht Leib ist, weil sie noch keine Symbiose mit einer anderen gebildet hat, ist deshalb ein leichteres Pro-

blem, weil dieser Urorganismus noch keine charakterisierte Form hat.

Lösen wir die Urzeugung eines fertigen Organismus, dieses „gewagte Abenteuer der Vernunft", in ein System aufeinanderfolgender Urzeugungen auf, so müssen wir entweder bis zur Molekülurzeugung hinabschreiten, oder den Gedanken überhaupt aufgeben. Dadurch ergibt sich ein Zusammenhang dieses Urzeugungssystemes mit dem Assimilationsbegriffe. Wenn man annimmt, daß ein lebendes Molekül einer Wechselwirkung mit bestimmten anderen Molekülen zur Hervorbringung eines intensiven und bestimmt gearteten Stoffwechsels bedürfe, um leben und sich vermehren zu können, so wird dieses Molekül, wenn es durch Urzeugung aus isolierten Atomen entstanden ist, sofort wieder zugrunde gehen, weil es den zu ihm gehörigen Stoffwechsel nicht vorfindet. Denn, daß sich viele Moleküle von selbst zusammenfinden, deren chemische Umwandlungen genau ineinandergreifen müssen, ist ebenso unwahrscheinlich wie die Selbstentstehung einer Uhr aus Rädern, die ineinandergreifen sollen. Bedenkt man noch die außerordentliche Hinfälligkeit des lebenden Moleküles, das nur im chemischen Wirbel als Durchgangsstadium zu bestehen vermag und sofort zerfällt, wenn es nicht beständig restauriert wird, so findet man, daß sogar die zerlegten Bestandteile der Uhr im Vorteile sind, denn diese können wenigstens das Warten vertragen und dem Zeitpunkte ihrer Selbstzusammensetzung entgegenharren.

Anders steht die Sache, wenn das lebende Molekül jetzt, im molekularisierten Weltzustande, hinfällig ist, sobald es aus dem Zellverbande tritt, wo es den Schutz der Oxydatormoleküle genießt, aber im atomisierten Weltzustande haltbar war, weil es damals

noch keinen Kampf der Moleküle gab, überhaupt noch keine Moleküle gab, sondern nur isolierte Atome und werdende Moleküle. Die Urzeugung eines Biomoleküles konnte nur dann einen Erfolg haben, wenn dieses Biomolekül selbständig die kleineren, schon gewordenen Moleküle zu assimilieren vermochte. Eine solche Selbständigkeit ist nur durch Apposition kleinerer Moleküle und durch chemische Amphibolie denkbar. Nur ein solches Molekül konnte warten, bis es ein anderes Biomolekül traf, das ebenso selbständig war, und mit dem es sich zu aggregieren vermochte. Erst mit der fortschreitenden Entstehung anderer Moleküle trat die Selbstzersetzbarkeit ein, und das Bedürfnis der Begründung schützender Symbiosen. Ein Biomolekül zerfällt nicht buchstäblich durch sich selbst, sondern immer durch ein anderes Molekül, dem es keinen Widerstand zu leisten vermag. Im atomisierten Weltzustande gibt es überhaupt keinen „Selbstzerfall", denn es gibt keine zerstörenden Moleküle, und was nicht sich zusammenzuhalten vermag, das entsteht überhaupt nicht. In der plasmatischen Vereinigung, also nach dem Übergange aus dem atomisierten in den molekularisierten Weltzustand, wird erst der intensive Stoffwechsel durch eigene Spaltermoleküle und Oxydatormoleküle möglich, deren Tätigkeit auf die Zerkleinerung der unbelebten Nahrungsmoleküle und die Unschädlichmachung der Abfallstoffe gerichtet ist. Diese Tätigkeit war vor der vollendeten Molekularisierung der Materie weder notwendig noch überhaupt möglich. Nach der Molekularisierung erwächst aus dieser Spaltungs- und Verbrennungsarbeit einiger Biomoleküle den anderen der Vorteil einer beschleunigten Assimilation und eines Schutzes gegen giftige und lästige Abfallsprodukte der Nahrungsvorbereitung. Andererseits erwächst diesen Diffissoren und Oxy-

datoren der Vorteil einer schützenden Zellhaut und einer vielzelligen Organisation mit besseren Lebenseinrichtungen. Der Stoffwechsel erzeugt hier nicht die Assimilation, er steigert und schützt sie nur. Er ist nicht der Assimilator, sondern er umspült den Assimilator. Es geht hier ähnlich zu wie mit der Begründung der menschlichen Symbiose im gesellschaftlichen Sinne. Die Symbiose macht den Menschen nicht erst lebensfähig. Der isolierte Mensch muß einer selbständigen, wenn auch primitiven Existenz fähig sein, damit menschliche Symbiose möglich wird. Diese Symbiose verändert und erhöht die Lebensführung des Symbioten. Durch die Symbiose kann der Symbiot die Fähigkeit zum selbständigen Dasein vollständig verlieren. Daraus folgt aber nicht, daß schon die Begründer der Symbiose diese Fähigkeit nicht hatten.

Literatur.

de Bary, Die Erscheinung der Symbiose, 1879.
Hertwig, Oskar, Die Symbiose, 1883.
Krapotkin, Gegenseitige Hilfe in der Entwicklung, deutsche Übersetzung, Leipzig 1905.



15. Wachstum durch Intussuszeption.

Schon Leukippos und Demokritos nahmen es als selbstverständlich an, daß die lebenden Naturkörper dadurch wüchsen, daß die neuen Atome sich zwischen die vorhandenen einlagern. Indem zwei Atome auseinandergedrängt werden, entsteht ein leerer Raum, den das neue Atom einnehmen kann. Nur in dieser Art kann ein organisierter Körper wachsen, ohne seine Form zu verlieren. „Auch das Wachstum scheint allen" (Genannten) „durch das Leere" (möglich) „zu werden; denn die Nahrung sei ein Körper, und es sei unmöglich, daß zwei Körper „(im selben Orte) zugleich seien".[1] Das Wachstum durch Zwischenlagerung hielten sie für eine so selbstverständliche Tatsache, daß sie daraus ein Argument für die Existenz der Atome und des leeren Raumes machten. Das Wachstum durch Zwischenlagerung = Intussuszeption steht im Gegensatze zum Wachstume durch Auflagerung = Apposition. Es galt schon damals für einen Unterschied zwischen dem Lebenden und dem Leblosen, daß das Lebende sowohl durch Zwischenlagerung als durch Auflagerung, das Leblose hingegen nur durch Auflagerung wachse. Auf der Zwischenlagerung beruht die Vergrößerung einer Gestalt, auf der Auflagerung die Verdickung der Flächen, so daß die Proportionen nicht gestört werden. Die Zwischenlagerung galt auch für die lebenden

[1] Aristoteles, φυσικῆς ἀκροάσεως Δ 6. 213. b. 18.

Feueratome, an die das Bewußtsein gebunden gedacht wurde.

Nun zeigte aber Traube[1], daß diese Zwischenlagerung auch in leblosen Niederschlagsmembranen stattfindet. Wirft man einen Kristall von Kupferchlorid in eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz, so umkleidet sich der Kristall mit einer Membran von Ferrocyankupfer. Das sich lösende Kupferchlorid saugt durch die Membran Wasser ein, und sprengt osmotisch die Membran in unsichtbar feiner Weise. Die Moleküle der Membran werden auseinandergedrängt, und dadurch werden neue Ferrocyankupfermoleküle aus der Berührung des Chlorides mit dem Blutlaugensalze gebildet, die in die Zwischenräume eintreten und diese ausfüllen. Die Wassermoleküle hingegen sind so klein, daß sie durch die Zwischenräume der Membran zum Kupferchlorid eindringen können, ohne die Membran zu zerreißen. Die Wassermoleküle wirken erst dadurch sprengend, daß sie das Volumen des Innenraumes vergrößern, oder „Turgor erzeugen". Der osmotische Druck ist das genaue Analogon des natürlichen Zellenturgors. Die künstliche Niederschlagsmembran wächst sehr rasch. Die natürliche Zellwand entsteht allerdings nicht in dieser einfachen Weise als ein Niederschlag zwischen zwei Reagentien. Darum handelt es sich hier auch nicht. Die Moleküle, beziehungsweise die letzten Lebenseinheiten der Zellwand weichen nicht auseinander, weil sie leben, sondern weil sie osmotisch durch den Zellenturgor auseinandergetrieben werden; so gut, wie auch eine unbelebte Wand gedehnt werden müßte. Dadurch wird für die Zwischenlagerung neuer lebender Einheiten

[1] Experimente zur Theorie der Zellbildung usw. im Archiv für Anatomie, Physiologie usw. von Reichert und du Bois Reymond, 1867.

Raum geschaffen. Hätten wir aber einen lebenden Faden in einer Nahrungsflüssigkeit, so würde keine Zwischenlagerung stattfinden, sondern nur eine Verdickung und Verlängerung durch Auflagerung.

Daneben erfolgt das Dickenwachstum der Zellwand durch Apposition. Daneben erfolgen auch nachträgliche chemische Veränderungen.

Die Intussuszeption hat daher für die verschiedenen Lebensbegriffe ihren ursprünglichen Merkmalswert verloren. In der Neuzeit war übrigens die Appositionstheorie lange herrschend gewesen, so daß Leukipp und Demokrit in dieser Beziehung mit ihrer Wachstumstheorie vergessen worden waren.

Zwischenlagerung und Turgor spielen jedenfalls für die lebenden Naturkörper eine weit größere Rolle als für die leblosen, ohne daß beides der lebenden Materie eigentümlich allein zukäme.

Gehen wir zu den letzten Lebenseinheiten über, so entfällt überhaupt die Möglichkeit, den Begriff der Zwischenlagerung anzuwenden. Namentlich dann, wenn die letzten Lebenseinheiten mit riesengroßen Biomolekülen identisch angenommen werden. Das Biomolekül selbst wächst nicht, sondern nur die Zellhaut oder sonst ein Gebilde aus Biomolekülen, indem sich die Zahl der Moleküle vergrößert.

Beruht die Assimilation wirklich auf einer Apposition kleiner Moleküle auf ein großes bis zur Herstellung einer Kopie des großen, wie früher ausgeführt wurde[1], dann hat die Apposition für das Lebende eine größere Bedeutung als für das Leblose, und die Intussuszeption rückt in die zweite Linie.

[1] Seite 161 ff.



16. Der Rhythmus in der Selbstformung.

Die lebenden Naturkörper haben nicht starre Gestalten, sondern eine bestimmt gerichtete, nicht umkehrbare Gestaltveränderung mit charakterisierten Momentbildern. Insoferne nun eine Ontogenese einer anderen gleicht, kann man von einer Wiederholung der Gestaltsveränderung oder von einem Rhythmus sprechen. Ebenso wiederholt eine Zellkernteilung das Veränderungsbild einer anderen.

Der Ausdruck Rhythmus ist insoferne mit Vorsicht zu gebrauchen, als er nicht die Umkehrbarkeit der Lebensvorgänge mitbedeuten darf.

Eine Keimzellenbildung ist keine Verjüngung, sondern eine Erschöpfung. Man kann nicht gut sagen, eine Zelle habe viele Gestaltungsmöglichkeiten, die der Reihe nach von A bis Z in den Zellteilungen zum Vorschein kommen, so daß wieder A an die Reihe kommt, wenn Z abgelaufen ist. Das Leben ist in diesem Sinne kein sich drehendes Rad. In der weiblichen Keimzelle ist irgendetwas erschöpft, so daß die Zellteilung und Wandbildung eingestellt ist. In der männlichen Keimzelle ist ebenfalls etwas erschöpft, so daß diese nicht selbständig weiterzuleben vermag. Nur dem Umstande, daß die beiden Erschöpfungen komplementär sind, verdankt die befruchtete Eizelle die Möglichkeit der Weiterentwicklung.

Wenn man das Leben als einen Rhythmus bezeichnet, so muß man hinzudenken: ein sich langsam

erschöpfender Rhythmus. Durch die Divergenz der Erschöpfungen wird das Leben erhalten.

Die Nichtumkehrbarkeit der bestimmt gerichteten Lebensvorgänge ermöglicht den Begriff des Naturzieles. Der Sommer ist nicht das Naturziel des Winters und umgekehrt, weil der Wechsel der Tageslängen umkehrbar ist. In der schwingenden Bewegung einer tönenden Saite gibt es auch kein Naturziel, weil jede Bewegung sich umkehrt. Die Lebensvorgänge hingegen wiederholen einander, gleichen einander, ohne die Möglichkeit einer Umkehr des einzelnen. In der bestimmt gerichteten Reihe kann man von einem Anfange, einem Kulminationspunkte oder Naturziel und einem Ende reden. Übersetzt man das Wort Telos mit Kulminationspunkt, dann kann man von den Tatsachen einer Naturteloklise[1] sprechen. Selbstverständlich ist diese Ausdrucksweise nicht mehr aristotelisch, sobald man sich denkt, daß der Kulminationspunkt ein mechanistisches Ergebnis sei.

Jeder Lebenslauf, der nach einem Naturziele gerichtet ist, kann von einem anderen gekreuzt werden. Junge Fischbrut, die anderen Arten zur Nahrung fällt, erreicht nicht das eigene Naturziel, weil sie durch ein tributäres Verhältnis dem Naturziele der tributeinhebenden Art untergeordnet, also anders gerichtet wurde.

Da die verschiedenen Lebensäußerungen nacheinander zu kulminieren pflegen, so gibt es eine bestimmt geordnete Reihe von Naturzielen. Daher liegt zwischen der Erreichung des ersten Naturzieles und dem Lebensende eine größere Spanne Zeit.

[1] Über den Ausdruck „Naturteloklise“ statt Naturteleologie siehe Julius Schultz, Die Maschinen-Theorie des Lebens, Göttingen 1909, Seite 233.



17. Die innere Zweckmäßigkeit des Lebenden.

Wenn wir zu einer Erscheinung die Ursachen suchen, so forschen wir in kausaler Richtung. Wenn wir zu derselben Erscheinung die Wirkung suchen, so forschen wir in effektualer Richtung. Der Ausdruck Kausalität ist kein vollständig benennendes Wort. Der vollständige Korrelationsbegriff heißt Kausalität-Effektualität. So wie es kein Rechts ohne ein Links gibt, kein Oben ohne ein Unten, keine Größe ohne eine Kleinheit, so gibt es keine Kausalität ohne eine Effektualität. Gewöhnlich ist die Ursache verborgener als die Wirkung. Daher fällt der kausalen Forschungsrichtung der Löwenanteil der Aufgaben zu. Wenn eine Erscheinung einmal unsere Aufmerksamkeit erregt hat, dann verbirgt sie auch selten ihre Wirkungen. Die effektualen Probleme können unter Umständen ebenso schwierig sein wie die kausalen. Effektual ist zum Beispiele die Frage nach der physiologischen Leistung der Milz. Effektuale Fragen sind mitunter weniger schwierig zu erforschen als wichtig zu wissen. Bei gesellschaftlich wichtigen Vorgängen handelt es sich sehr oft darum, durch ausgebreitete statistische Erhebungen ein Gesamtbild des Masseneffektes zu gewinnen. Im großen und ganzen überwiegen in der kausalen Richtung die schwierigen, in der effektualen Richtung die wichtigen Fragen.

Wenn nun eine Wirkung E für das Lebewesen L besonders vorteilhaft ist, so sagen wir, diese Wirkung sei für L zweckmäßig. Diese Redeweise kann man bildlich auch von einer Pflanze gebrauchen, indem man von der Fiktion ausgeht, die Pflanze wäre ein denkendes Wesen, das sich für den eigenen Fortbestand interessiert, und alles als nützlich empfindet, was ihrem Fortbestande günstig ist. Die Zweckmäßigkeit hat verschiedene bildliche Namen, wie: Zweckdienlichkeit, Leistung, Aufgabe. Dasselbe, was für das eine Lebewesen zweckmäßig ist, kann für das andere unzweckmäßig sein, weil die Bezeichnung vom Standpunkte abhängt. Es ist für eine Fischart sehr zweckmäßig, daß ihre eigene Brut zur Entwicklung kommt; es ist für andere Arten von Lebewesen ebenso zweckmäßig, daß ihnen dieselbe Brut als Nahrungstribut verfällt. Es ist endlich für die Tribut einhebende Art sehr zweckmäßig, daß die ganze Nachzucht weder dem einen noch dem anderen Effekte ausschließlich zugeführt wird, weil sonst der Tribut aufhörte.

Durch den Nachweis der hohen Zweckmäßigkeit einer Tatsache für das Lebewesen L ist natürlich die Entstehung dieser Tatsache nicht kausal verstanden, sondern nur effektual begriffen.

Die effektuale Beziehung der besonderen Nützlichkeit eines Lebewesens für ein anderes oder der unbelebten Umgebung für ein Lebewesen nannte Kant die äußere Zweckmäßigkeit. Äußerlich zweckmäßig ist es, daß dort Sand angeschwemmt wird, wo später Fichtenwälder wachsen. Äußerlich zweckmäßig ist die Existenz grasfressender Tierarten für Wölfe, Tiger und Löwen. Wenn es diese Fleischfresser nicht gäbe, könnten trotzdem die Pflanzenfresser existieren[1],

[1] Dieses Beispiel Kants stimmt allerdings nicht genau. Die Pflanzenfresser sind in hohem Grade tributleistend. Wären

und wenn dort keine Fichtenwälder gewachsen wären, wäre trotzdem der Sand angeschwemmt worden.

Im Gegensatze dazu unterscheidet Kant eine innere Zweckmäßigkeit als eine Beziehung zwischen den Teilen desselben Organismus. Denken wir uns, es seien zwei Organismen einander wechselseitig nützlich, aber beide könnten auch ohne diese wechselseitige Förderung existieren. Sie würden sich nicht so wohl befinden, aber sie würden doch nicht an der Lösung ihrer Beziehungen zugrunde gehen. Hier hätten wir nach Kant eine wechselseitige äußere Zweckmäßigkeit zwischen zwei selbständigen Organismen, aber noch keine innere. Die Wechselwirkung allein genügt dem Begriffe der inneren Zweckmäßigkeit noch nicht. Nehmen wir ein anderes Beispiel, das der Sache schon näher kommt. Zwei Körper sollen im leeren Weltraume einander entgegenfallen. Jeder Körper ist hier für den anderen eine Ursache, und jeder freie Fall ist eine Wirkung des anderen Körpers. Die Wechselwirkung ist hier weit inniger als im früheren Beispiele. Denken wir uns den einen Körper weg, so wird der freie Fall überhaupt undenkbar. Es gibt keinen Körper, der in der Richtung nach einem nicht existierenden hin fallen könnte. Trotzdem würde Kant auch dieses Beispiel noch nicht zur inneren Zweckmäßigkeit zählen. Der eine Körper kann nämlich unabhängig von dem anderen sein und unabhängig von dem anderen warten, bis dieser andere in genügende Nähe herankommt, oder in die Existenz tritt, worauf aus beliebiger Anordnung der beiden Körper der freie Fall gegeneinander von selbst beginnt.

---

sie das nicht, so hätten sie sich schon längst gegenseitig das Futter auf der ganzen Erdoberfläche karg gemacht.

Kant bringt als Beispiel einer echten inneren Zweckmäßigkeit den Begriff des Baumes. Die Früchte eines Baumes existieren zugleich mit den übrigen Teilen des Baumes. Denken wir uns diese übrigen Teile hinweg, so können wir nicht verstehen, wie die Früchte gewachsen sein sollen. Lassen wir im früheren Beispiele den anderen Körper weg, so hört der erste zu fallen auf, aber er hört nicht auf, zu existieren, und er wurde auch nicht vom andern erzeugt. Lassen wir die Baumfrüchte weg, so gibt es keine Bäume, weil diese ohne die Früchte nicht in die Existenz getreten wären. Der Same ist die Stoffursache des nächsten Baumes und die Wirkung des früheren. Der Baum ist die Stoffursache des nächsten Samens und das Entwicklungsergebnis des früheren. Eine solche Reihe von Ursachen und Wirkungen (Ei-Henne-Ei-Henne), in der alle geradzahligen Glieder untereinander gleichnamig sind, und ebenso alle ungeradzahligen, man mag von wo aus immer zu zählen beginnen, nennt Kant eine innere Zweckmäßigkeit oder eine Naturzweckmäßigkeit. Eine solche Reihe führt selbstverständlich entweder in die Unendlichkeit oder in die Unbegreiflichkeit ihres Anfanges. Zwei unmittelbar aufeinander folgende Glieder sind immer innerhalb desselben Organismus vereinigt. Die Frucht wächst am Baume als ein Teil des Ganzen. Ferner sagt Kant, jeder Baum sei ein Assimilator seiner Nahrungsstoffe, die „Edukte" genannt werden. Aus diesen Nahrungsstoffen werden wiederum Assimilatoren gemacht, so daß wir auch hier die unendliche Reihe Ei-Henne-Ei-Henne wiederfinden. Kant drückt das mit den Worten aus, der Baum sei „sein eigenes Produkt". Endlich sind die Blätter die Erzeugnisse des winterlich kahl gewesenen Baumes. Der Baum selbst ist durch frühere Belaubung in der Existenz

ermöglicht worden. Die frischen Blätter tragen wiederum zum Wachstum des Baumes bei. Kant sagt[1]: „ein Ding existiert als Naturzweck, wenn es von sich selbst (obgleich in zwiefachem Sinne) Ursache und Wirkung ist".

Eine Maschine unterscheidet sich nach Kant von einem Organismus durch den Mangel dieser inneren Zweckmäßigkeit. Eine Maschine kann ein Material verarbeiten, aber aus dem verarbeiteten Materiale entsteht nicht wiederum eine Maschine gleicher Art. Eine Maschine besteht aus Teilen, deren jeder für sich allein existieren kann, und auch tatsächlich existierte, bevor er mit anderen zur Maschine zusammengesetzt wurde. Der Organismus besteht aus Teilen, von denen keiner für sich allein hätte existieren können. Daher sagt Kant, die organisierten Wesen seien die einzigen in der Natur, die nur durch den teleologischen Begriff eines Naturzweckes denkbar seien. „Ein organisiertes Produkt der Natur ist das, in welchem alles Zweck und wechselseitig auch Mittel ist. Nichts in ihm ist umsonst, zwecklos oder einem blinden Naturmechanismus zuzuschreiben."[2]

Natürlich meint damit Kant nicht die Aufhebung der mechanistischen Forschungsmethode. Sobald die Körperteile zu einem Organismus zusammengebracht sind, sobald setzt die rein mechanistische Methode ein, indem die Wirkung des A auf das folgende B, und dieses B auf das andere, nächste A gesucht wird. Kant will nur sagen, daß man das erste Zustandekommen der Organisation nicht mechanistisch erklären könne. Es sind drei Gründe, die dahinter stecken. Die einzelnen Teile können vor der

[1] Kritik der Urteilskraft, § 64.

[2] Kritik der Urteilskraft, § 66.

Zusammenbringung zum Organismus überhaupt nicht entstehen, daher auch nicht sein; könnten sie auch sein, so könnten sie nicht unabsehbar lange warten, bis sie der Zufall mit anderen Teilen zusammenbringt, weil sie viel zu hinfällig wären und keine Ernährung hätten; könnten sie solange warten, so würde ihnen das Zusammentreffen nichts nützen, denn es wäre niemand da, der sie in die lebensfähige Anordnung brächte. Zusammengeworfene Teile eines Uhrwerkes können sich nicht von selbst zum Uhrwerk aufbauen, auch nicht durch ein zufällig günstig wirkendes Erdbeben.

Deshalb nannte Kant die Hypothese der Urzeugung ein „gewagtes Abenteuer der Vernunft".[1] „Man kann dreist sagen, es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen, oder zu hoffen, daß noch etwa dereinst ein Newton aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde; sondern man muß diese Einsicht den Menschen schlechterdings absprechen."[2]

Diese innere Naturzweckmäßigkeit ist tatsächlich der lebenden Symbiose und dem lebenden Organismus eigentümlich.

Kant versteht unter der inneren Zweckmäßigkeit neben dieser unendlichen Reihe (Ei-Henne-Ei-Henne) noch etwas anderes, nämlich die Koadaptation der Teile. Im heutigen Sprachgebrauche ist allerdings die Koadaptation als eine Anpassungserscheinung gemeint. Wenn ein Teil verändert wird, so zieht er die Veränderung der anderen Teile nach sich, wodurch eine neue Zusammenordnung entsteht, die an die

---

[1] Kritik der Urteilskraft, § 80.

[2] Kritik der Urteilskraft, § 75.

Stelle der alten tritt und den neuen Lebensbedingungen besser entspricht. Lassen wir die Veränderlichkeit und die Anpassung in dieser großen Ausdehnbarkeit weg und begnügen wir uns mit der tatsächlichen Koadaptiertheit, die auch jeder Formenbeständigkeit ebenso zugrunde liegen muß, so erhalten wir jene Bedeutung von Koadaptation, die auch zum Begriffe der Naturzweckmäßigkeit nach Kant gehört. Die Entstehung der Koadaptiertheit ist nach Kant durch blinden Mechanismus unerklärlich, weil die zu koadaptierenden Teile im isolierten Zustande weder sein noch warten können, und weil ihnen das Warten nichts nützte, da niemand da wäre, der das Zusammengefundene in die richtige Lage oder Ordnung brächte. Ist aber einmal die Koadaptiertheit da, dann wirkt jeder Teil auf den anderen mechanisch ein, und es mag auch eine mehr oder weniger weitgehende Abänderung des koadaptierten Gesamtbildes rein mechanisch erfolgen, sobald einer der Teile von außen mechanisch verändert wird. Diese simultane Koadaptiertheit ergänzt sich mit der sukzessiven Anordnung der Ei-Henne-Reihe zum Gesamtinhalte des Begriffes der inneren Zweckmäßigkeit nach Kant.

Der Begriff der inneren Zweckmäßigkeit läßt sich nicht nur auf den Organismus, sondern auch auf die Symbiose und zwar auf die verschiedensten symbiotischen Einheiten anwenden. Die tributleistenden Arten scheinen zwar nur für ihre tributeinhebenden äußerlich zweckmäßig zu sein. Die Vernichtung aller Tributeinheber hätte aber eine derart übermäßige Vermehrung der befreiten Art zur Folge, daß die Individuen dieser Art zum schärfsten Kampf ums Dasein untereinander verurteilt wären oder gleichmäßig verkümmern müßten. Allerdings ist diese Wechselseitigkeit nicht so strenge ausgeprägt, wie zwischen den Teilen

eines Organismus, weil sich die Aufhebung der Wechselwirkung erst in längeren Zeiträumen geltend macht.

Die innere Zweckmäßigkeit hat verschiedene Grade der Annäherung an die Vollkommenheit. Die Lebensverminderung entsteht nicht in letzter Linie durch die Einlagerung von Stoffen, die an der wechselseitigen Dienstbarkeit keinen Anteil haben.

Die Hypothesen letzter Lebenseinheiten oder Elementarbioten haben zum Begriffe der inneren Zweckmäßigkeit oder Naturteleologie (Naturteloklise) eines von zwei Verhältnissen. Es gibt hypothetische letzte Lebenseinheiten, die eine Organisation zur Voraussetzung haben, und andere, die jede Organisation aus den letzten Lebenseinheiten entstehen lassen. Hier ist der Punkt, wo die ganze Vitalismenfrage am Assimilationsprobleme hängt.

Nehmen wir eine letzte Lebenseinheit, die bereits eine elementare Struktur besitzt, und zwar das Plasom nach Wiesner.[1] Dieses Plasom hat schon eine Organisation. Es assimiliert, weil es durch seine Organisation fähig ist, zu assimilieren. Es verdoppelt sich, weil seine Assimilation so beschaffen ist, daß der Stoffwechsel nicht nur im allgemeinen aufbaut, sondern im besonderen so aufbaut, daß sich daraus die Verdoppelung des elementaren Organismus oder überhaupt seine Vervielfältigung ergibt oder doch mindestens auch ergibt, da ja andere aufgebaute Stoffwechselprodukte auch noch da sind. Hier hängt offenbar die Assimilation an der Organisation und nicht umgekehrt. Ein aus dem Plasome herausgenommenes Molekül hätte nicht mehr die Fähigkeit sich zu verdoppeln, sich zu zerlegen und dadurch zu vermehren.

---

[1] Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz, Wien 1892.

Das einmal entstandene Plasom wirkt rein physikalisch-chemisch. Die Entstehung des Plasomes selbst durch reinen Mechanismus ist unbegreiflich. Das letzte Erklärende ist daher bei Wiesner die (im Sprachgebrauche Kants gesprochen) innere Zweckmäßigkeit des Plasomes. Tatsächlich zieht auch Wiesner die Konsequenzen seiner Annahme, wie überhaupt die Plasomenlehre äußerst folgerichtig gebaut ist, und nur die Annahme der einen Prämisse freigestellt bleibt. Diese Prämisse besteht eben darin, daß die Assimilation (im Sinne der Selbstverdoppelung) nur von einer elementaren Organisation und niemals von einem großen Moleküle aus vielen kleinsten geleistet werden könne.

Nehmen wir zum Vergleiche eine andere letzte Lebenseinheit, die keine übermolekulare Struktur besitzt, und zwar das Biomolekül nach Hatschek.[1] Hier hängt die Assimilation nicht an einer Struktur, nämlich an keiner übermolekularen, sondern nur an der chemischen Konstitution des einzelnen Moleküles selbst. Die Moleküle selbst werden in leblose und lebende (selbstverdoppelungsfähige Generatüle) eingeteilt, während die Plasome aus unbelebten Molekülen bestehen, und lebende Moleküle überhaupt nicht angenommen werden.

Wenn wir uns nun fragen wollen, ob diese Biomoleküle tatsächlich kein mechanistisch unerklärliche Organisation im Sinne Kants voraussetzen, so stoßen wir auf eine Vorfrage. Wie steht es mit der Haltbarkeit der chemischen Konstitution der Biomoleküle? Ein Biomolekül hat niemals eine erheblich lange Zeit dieselbe chemische Konstitution. Es erleidet fortwährend Substitutionen und Resubstitutionen. Es ist im

[1] Hypothese der organischen Vererbung, Leipzig 1905.

Sinne des Heringschen Begriffes beständig der Dissimilation (Abspaltung) und Assimilation (Molekül-Regeneration) unterworfen. Das Biomolekül ist so labil, daß es nicht Zeit hat, zahlreiche kleinste unbelebte Moleküle so lange an sich zu ziehen und zu gruppieren, bis es sein eigenes Duplikat erzeugt hat. Die Entstehung eines Duplikates ist vielmehr das Endergebnis eines Zusammenspieles vieler chemischer Reaktionenketten. Eben in diesem Zusammenspiel liegt aber das, was Kant eine Organisation nennen würde. In diesem Zusammenspiel liegt eine Naturfabrik, die nicht von selbst entstehen kann. Diese Naturfabrik ist allerdings an keine morphologische, sondern nur an eine chemische Organisation gebunden. Eine von den drei Schwierigkeiten Kants ist hier überwunden. Es wurde damals gezeigt, daß die Entstehung der Organisation unbegreiflich sei, weil die isolierten Teile nicht sein können; wenn sie sein könnten, könnten sie nicht warten, bis die anderen mit ihnen durch blinden Zufall zusammenkommen; wenn sie warten könnten, könnten sie sich nicht (morphologisch) selbst ordnen. Da nun die amorphe oder amöbenhafte chemische Fabrik der Biomoleküle keine bestimmte Anordnung der Teile im Raume haben muß, so ist die dritte Schwierigkeit überwunden. Die zwei ersten Schwierigkeiten bleiben aber bestehen. Da das isolierte Biomolekül infolge seiner chemischen Hinfälligkeit und seines beständigen Regenerationsbedürfnisses nicht lebensfähig ist, so kann es weder sein noch warten, bis es sich mit anderen zusammengefunden hat. Es hängt also auch hier die Assimilation an der Organisation des chemischen Zusammenspieles und nicht umgekehrt. Ja sogar das Biomolekül selbst erscheint als eine Folge der Assimilation, weil es sofort zerfällt, wenn es nicht immer regeneriert wird,

was im freien Zustande durch die kleinen Moleküle der unbelebten Materie nicht geschehen kann.

Nach meinem Dafürhalten gibt es nur einen Weg, die Formung (im Sinne der Organisation) von der Assimilation abhängig zu denken. Diesen Weg muß man nicht beschreiten, aber man kann ihn beschreiten. Auf diesem Wege werden, wie gesagt, drei Schwierigkeiten zu überwinden sein. Die letzte Schwierigkeit, die Zusammenordnung zur morphologischen Organisation, ist durch Hatscheks Biomolekülhypothese überwunden. Es genügt eine amorphe chemische Organisation, die mit der Molekülstruktur (chemische Konstitutionsformel) identisch ist. Die ersten zwei Schwierigkeiten bleiben zu überwinden. Das verdoppelungsfähige Biomolekül (Generatül) muß allein sein können, und es muß warten können. Dies ist nur dann möglich, wenn dem Biomolekül eine relativ haltbare chemische Konstitution zugeschrieben wird. Diese Haltbarkeit ist mit einer großen physikalischen Innenbeweglichkeit vereinbar. Gewiß ist ein großes Eiweißmolekül dieser Art sehr labil. Es gibt aber geschützte und ungeschützte Moleküle. Die Spaltbarkeit ist relativ zum Spaltermoleküle. Wo keine Diffissoren sind, dort gibt es auch keine Spaltung. Wir sehen bei kleinen Zuckermolekülen, wie leicht diese vergoren werden und wie leicht sie gegen die Gärung zu schützen sind. Ein Biomolekül ist innerhalb der Zelle gegen alles chemisch geschützt, was nicht in der Form einer Flüssigkeit durch die Zellwand hindurchgeht. Wir sehen, daß das Plasma der Sauerkleeblätter gegen die giftige Oxalsäure geschützt ist, die innerhalb der Zelle ausgeschieden wird. Im heißen Wasser werden die Blätter sofort braun, weil das Plasma getötet wird und die Oxalsäure eindringt. Fast alle Hypothesen letzter Lebenseinheiten nehmen an, daß diese im Zell-

kerne vor chemischen Umwandlungen mehr geschützt seien als nach der Auswanderung in den Zelleib. Dies läßt sich nur so verstehen, daß gewisse Spaltermoleküle nicht in den Zellkern einzudringen vermögen.

Soll also die chemische Konstitution eines Elementarbioten relativ haltbar vorgestellt werden, so müssen alle Diffissormoleküle ferngehalten gedacht werden. Diese Bedingungen sind nur zur Zeit des Überganges des atomisierten in den molekularisierten Weltzustand denkbar. Daher wurzeln alle Probleme der belebten Materie in der Philosophie der unbelebten Materie. Nur zur Zeit der Molekülurzeugung war eine solche Haltbarkeit durch Abwesenheit der Spaltermoleküle möglich. Diese Übergangszeit muß, wenn sie überhaupt stattgefunden hat, sehr kurz gewesen sein, etwa nach Tagen zu zählen. Nach der Molekularisierung ist die Erhaltung eines verdoppelungsfähigen Elementarbioten nur mehr innerhalb der Zelle, und höchst wahrscheinlich für manche Molekülarten nur mehr innerhalb des Zellkernes denkbar.

Es genügt aber nicht, daß ein Elementarbiot einige Tage warten konnte, bis er sich mit anderen zu einer amöbenhaften Symbiose zusammenfand. Er mußte, und das ist die erste Schwierigkeit, zuerst sein und selbständig assimilieren, sich vermehren können. Die Entstehung ist durch Molekülurzeugung denkbar. Hier wurzeln wiederum die Probleme der belebten Materie in denen der unbelebten. Was aber die Assimilation betrifft, so dürfen keine anderen Voraussetzungen gemacht werden als ein möglichst großes Molekül, das durch seine Größe als solche wirkt, im Gegensatze zu vielen möglichst kleinen unbelebten Molekülen. Da ein Substitutionschemismus und eine Polymerisierung unter solchen Voraussetzungen ausgeschlossen sind, so bleibt nichts anderes übrig, als eine rein

kristallisationsmäßige Molekularanziehung der kleinen Moleküle an das große, und infolge dieser Anlagerung eine originelle, im Technochemismus unerhörte Synthesismöglichkeit durch „chemische Amphibolie", die direkt zur Molekülverdoppelung führt.

Die Auflösung der Reihe Ei-Henne ist nur durch eine Symbiosenentstehung möglich. Nicht das Ei beginnt die Reihe und nicht die Henne, sondern das Hineinkriechen eines Plasmas in ein anderes, wodurch das eine zum Kern, das andere zum Cytoplasma wird. Diese Komponenten müssen einer selbständigen Lebensführung fähig gewesen sein, und erst durch die Symbiose für die Selbständigkeit degeneriert oder zur „inneren Zweckmäßigkeit" sich aneinander gewöhnt haben.



18. Die Vitalismenfragen.

In unseren Tagen wiederholt sich eine geistige Bewegung, die in ganz ähnlicher Weise im Altertume stattfand. Die jonischen Naturphilosophen und der Pyrozoist Demokrit hatten sich die embryonale Entwicklung der lebenden Naturkörper so vorgestellt, daß ein die Gestaltung speziell lenkendes Prinzip, abgesehen von der überall herrschenden strengen Gesetzmäßigkeit, für den Aufbau nicht angenommen wurde. Man kann nicht sagen, daß sie ein solches Prinzip abgelehnt hätten, aber sie sahen hier kein Problem. Es erschien ihnen vieles zu selbstverständlich. Das Problemsehen hat seine eigene Geschichte. Aristoteles fand, daß diese Naturphilosophen sich die Lebensvorgänge viel zu einfach gedacht hatten. Die lebenden Naturkörper erschienen ihm viel zu zweckmäßig, viel zu kompliziert und viel zu bestimmt geformt, und in ihren Vorgängen nach einer Kulmination gerichtet, als dies durch so einfache Mittel hätte befriedigend erklärt werden können. Vor allem fesselte ihn das Problem der Formung. Wären die Naturkörper alle kugelförmig oder gastrulaförmig mit nur stofflichen Unterschieden, so hätte er sich wahrscheinlich zufrieden gegeben. Er war durch die platonisch künstlerische Weltauffassung und auch durch den eigenen Blick des Naturbeobachters immer für die Feinheiten in der Gestaltung des Stoffes empfänglich. Die

älteren Naturphilosophen begnügten sich mit der Einheit des Stoffes und übersahen, daß in einem völlig homogenen Stoffe keine Selbstdifferenzierung und keine Bewegung möglich wird. Die jüngeren Philosophen hatten bereits den Sinn für das Problem der Selbstbewegung und gaben manches von der Einheit des Stoffes preis, um eine Bewegungsmöglichkeit zu erhalten. Nun trat das schwierigere Problem hinzu: wie kommt in den bewegten Stoff eine bestimmte, komplizierte Form hinein, worin jedes Stoffteilchen gerade aus diesem und keinem anderen Platze erforderlich ist, und auch wirklich auf diesen Platz gelangt?

In der Neuzeit finden wir fast denselben Gedankengang. Descartes und Leibniz hatten die Bahn für die mechanistische Methode eröffnet. Mehr und mehr verbreitete sich die Ansicht, daß alle physiologischen Vorgänge mit Einschluß der Selbstentwicklung im Prinzipe auf denselben Gesetzen beruhen mögen, nach denen sich auch die unbelebte Materie in einfacheren Verhältnissen bewege. Die Einheit der Naturkräfte faßte man so auf, daß die letzten Teilchen der Materie innerhalb des Organismus nur deshalb eine unnachahmbare Resultierende geben, weil unermeßlich viele Komponenten in einer unnachahmbar günstig komplizierten Konstellation zusammenwirken. Diese Auffassung der Einheit wurde besonders durch die zunehmende Einheitlichkeit in den unterlegten Gesetzen der Physik gefördert. Darauf beruht die Wirkung von Robert Mayer, Helmholtz, Clausius, Lord Kelvin u. a. auf die Vereinheitlichung des biologischen Denkens.

Einen gewaltigen Eindruck machte die Darstellung des Harnstoffes oder Carbamides[1] aus isocyansaurem Am-

[1] $NH_2 \cdot CO \cdot NH_2$.

moniak durch Wöhler 1828. Die Isocyansäure selbst wurde erst später ohne Benützung pflanzlicher oder tierischer Stoffe dargestellt. Damit war das Vorurteil durchbrochen, daß sich „organische“ Verbindungen aus Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff im Laboratorium nicht aufbauen ließen. Es mußte sogar vorher noch der schwedische Chemiker Berzelius von 1811 ab erst durch Analysen beweisen, daß die „organischen“ Verbindungen auch nach konstanten Proportionen erfolgen. Freilich sagte man damals sofort, diese Synthesen hätten mit der lebenden Materie nichts mehr zu tun, weil durch sie nur Produkte der rückschreitenden Metamorphose des Stoffwechsels aufgebaut würden. Dazu sei nun noch der Weg der Synthese zum Wege der Natur verkehrt, weil hier in jener Richtung aufgebaut werde, in der die Natur zerlegt. Es war daher sehr die Frage, und ist es heute noch, wie weit man auf diesem prinzipiell verkehrten Wege und zum großen Teile mit lebenzerstörenden Mitteln wird vordringen können. Das Gelingen der künstlichen Darstellungen der „organischen“ Verbindungen hat einerseits die Lehre von der besonderen Lebenskraft oder den Vitalismus geschwächt, aber andrerseits ein technochemisches Vorurteil befestigt, das früher oder später wieder zum Vitalismus zurückführen kann. Der biochemische Weg ist nicht der Weg des Laboratoriums. Die lebenden Moleküle beginnen sofort mit ihrer Selbstverdoppelung. Die Natur baut nicht mühselig und allmählich von den kleinsten zu den größten Molekülen empor. Daher ist der gewöhnliche Chemismus, der in den Organismen spielt, ein Spaltungschemismus, der die Nahrungsstoffe für die Assimilationszwecke noch mehr zertrümmert, und ein Zerfalls- und Verbrennungschemismus nach der Assimila-

tion und neben der Assimilation. Je mehr man den Technochemismus und den Biochemismus in ihren Grundverschiedenheiten kennen lernt und auf dem technochemischen Wege in den Hypothesen operieren will, desto mehr wird der Vitalismus zur Geltung kommen.

Dazu kommt noch, daß man die Zweckmäßigkeit mehr und mehr zu sehen beginnt. Ch. Darwin hatte mit seinem Selektionsprinzipe das Verschwinden des Unzweckmäßigen und des zu Einfachen erklärt. Es blieb aber das Rätsel der Entstehung des Zweckmäßigen, des Komplizierten und des bestimmt Gerichteten übrig. Ohne allen Zweifel verminderte sich das Staunen über das Zweckmäßige, als man sich die ungeheuer viel größere Menge des Unzweckmäßigen hinzudachte, das vielleicht auch entstanden und durch Selektion beseitigt wurde. Ein Gedanke, den wir übrigens schon bei Empedokles finden.[1] Dazu kam noch, daß man sich die Variation in der Vererbung viel zu leistungsfähig, viel zu einfach vorstellte. Da der Abkömmling nie die genaue Resultierende der Eltern ist, so sah dies so aus, als gäbe es eine freie Variation nach allen Richtungen. Unter unendlich vielen Richtungen nach dem Unzweckmäßigen wird es auch die Richtung nach dem Zweckmäßigen geben. Da die Zweckmäßigkeit nicht mit einem Sprunge erreicht werden muß, sondern sich aus der Summierung unmerklich kleiner Abänderungen auch ergeben kann, so hatte man den Gegenstand des Staunens möglichst klein gemacht. Als sich aber der Gedanke immer mehr zur Geltung brachte, daß der Abkömmling überhaupt nicht eine Resultierende aus den somatischen, sichtbaren Beschaffenheiten der Eltern sei, sondern

[1] Seite 64.

eine genau determinierte Resultierende aus den Keimplasmen der Eltern, so mußte sich auch der Glaube an die freie Variationsmöglichkeit verlieren. Jeder Organismus war wiederum ein Fall aus einem ziemlich großen Variationsfelde, dessen Grenzen eigentlich nur durch die Spekulation überschritten wurden. Die Experimente ergaben nur, daß das natürliche Variationsfeld enger sei als das endliche künstliche Züchtungsfeld.

Das Problem erschien nun nicht mehr so einfach. Dazu kam das genauere Studium der Entwicklungsgeschichte und die experimentelle Entwicklungsmechanik. Daß das Zweckmäßige übrig bleiben mußte, blieb klar. Daß es aber in diesem hohen Grade der Zweckmäßigkeit und Kompliziertheit entstehen konnte, wurde immer rätselhafter. Wie kommt es, daß gerade jene Stoffe durch die chemische Differenzierung entstehen, die gebraucht werden, daß die Zellen nicht nur gegeneinander differenziert werden, sondern auch so gegeneinander g e l a g e r t werden, daß ihre Differenzierungen einen Sinn für den Organismus erhalten?

Man machte denselben Schritt wie Aristoteles. Man nahm die Mitwirkung eines lenkenden, eines formenden Prinzipes an, das sich an der unbelebten Materie nirgends offenbare. Wie sehr auch die Neovitalisten in ihren positiven Annahmen und in ihren Begründungen voneinander abweichen mögen, darin stimmen alle überein, daß die physikalischen und chemischen Bewegungsbestimmungen bei einer beliebigen, zufälligen Anfangskonstellation der unbelebten Materie nicht ausreichen, um die Entstehung der belebten Materie hypothetisch zu konstruieren; sie reichen nach der vitalistischen Überzeugung nicht einmal aus, um die Lebenserscheinungen der bereits entstandenen lebenden Materie nach allen Seiten, insbeson-

dere aber hinsichtlich der Selbstformung plausibel zu machen. Die Teilchen der belebten Materie unterliegen denselben treibenden Gesetzen wie die der unbelebten und außerdem noch einem lenkenden Prinzipe.

Die neovitalistische Bewegung wurde durch den Botaniker J. v. Hanstein[1] und den Physiologen G. v. Bunge[2] eingeleitet. Ein energischer Kämpfer für den Neovitalismus ist bekanntlich der Zoologe Hans Driesch[3], der auch den aristotelischen Ausdruck „Entelechie" wieder aufnahm. J. v. Hanstein spricht von „Gestaltsamkeit". Der Botaniker J. Reinke nennt die treibenden Kräfte der unbelebten Materie ziellos. Die lebenden Naturkörper werden nicht nur von Energien getrieben, sondern auch nach Zielen gelenkt. Wenn der Mensch eine Maschine baut, so erzeugt er zwar keine neue Energiemenge, aber er lenkt die vorhandene Energie zu einem Zwecke, den er selbst verfolgt, und den sich die Maschine niemals selbst zu geben vermöchte. Die Maschine arbeitet, der Mensch dominiert. Die Naturkörper gleichen in dieser Hinsicht den Maschinen. Der Lenker ist hier nicht der Mensch, sondern eine der mechanischen Kausalität übergeordnete Kraft, die von Reinke eine „Dominante" genannt wird. Jede Energieform im Organis-

---

[1] Der Zweckbegriff in der organischen Natur, Bonn 1880; Das Protoplasma, Heidelberg 1880.

[2] Vitalismus und Mechanismus, 1885; Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie, 1887, 4. Auflage 1898.

[3] Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft, 1893; Analytische Theorie der organischen Entwicklung, 1894; Die organischen Regulationen, 1901; Die Seele als elementarer Naturfaktor, 1903; Naturbegriffe und Natururteile, 1904; Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre, 1905.

mus hat ihre eigene richtende Kraft, ihre zielsetzende Kraft oder ihre Dominante. Die Dominanten verbinden sich mit den Energien zur Durchgeistigung der Natur.[1]

Die Neovitalisten werden bald zu dem Punkte gelangt sein, bei dem Cartesius zu schweigen begann, nachdem er ihn berührt hatte. Wie können die übergeordneten Kräfte die gewöhnliche, die mechanische Kausalität lenken, ohne diese Kausalität zu brechen?

Nehmen wir an, die Teilchen eines Naturkörpers würden, sich selbst überlassen, sich so zweckwidrig ordnen, daß dieser Naturkörper keinen Augenblick leben könnte. Wenn nun diese Teilchen an die richtigen Orte befördert werden sollen, so müssen sie dorthin bewegt werden; das heißt, wenn sie in Ruhe sind, muß ihnen Bewegung erteilt werden; wenn sie zweckwidrig bewegt sind, muß ihnen die zweckwidrige Bewegung vorher genommen und dann eine zweckmäßige gegeben werden. Darin liegt aber keine Ergänzung, sondern eine Durchbrechung der für die unbelebte Materie geltenden Gesetze. Wie kann die Dominante oder die Entelechie oder die Gestaltsamkeit auch nur ein einziges Atom aus der ziellosen, das heißt aus der falschen Richtung bringen, ohne es zu bewegen, ohne Energie aus nichts zu erzeugen? Gewiß ist das kein Einwand gegen den Neovitalismus, denn es steht jedermann frei, an die Erhaltung der Energie nicht zu glauben und seine Überzeugung zu bekennen, daß die Naturgesetze für die unbelebte

[1] J. Reinke, Die Welt als Tat, Berlin 1899, 2. Aufl. 1901; Einleitung in die theoretische Biologie, Leipzig 1901; Philosophie der Botanik, Leipzig 1905; Die Natur und Wir, 1907; Haeckels Monismus und seine Freunde, 1907; Neues vom Haeckelismus, 1908. — Über Reinke: A. Drews in den Preuß. Jahrb., Bd. 97; J. Wiesner, „Philosophie der Botanik“ in der Österr. Rundschau vom 4. Mai 1905.

Materie beim Eintritte eines Teilchens in einen Organismus durchbrochen werden, und nur soweit gelten, als sie dem lenkenden Prinzipe nicht widersprechen.

Wenn das Bedürfnis der Annahme einer Unverbrüchlichkeit der Naturgesetze mit dem Bedürfnisse der Annahme eines Weltzweckes oder eines Systemes von Weltzwecken zugleich befriedigt werden soll, dann hilft eben nur die Annahme einer schöpferischen Macht, die schon die Uratome mit jenen Eigenschaften in die Existenz gerufen und mit jenen Bewegungsgesetzen ausgestattet hat, die dem früher gestellten Zwecke entsprechen. Die Zweckmäßigkeit ist dann nicht etwas, das in den Mechanismus nachträglich Energie erzeugend und Energie vernichtend eingreift, sondern der Mechanismus selbst ist um des Zweckes willen so eingerichtet, wie er es ist.

Hier stehen sich zwei philosophische Ansichten unvereinbar gegenüber. Nach der einen ist die Zweckmäßigkeit das Ergebnis des Mechanismus. Nach der anderen ist der Mechanismus das Ergebnis der gewollten Zweckmäßigkeit. Die vermittelnwollende Ansicht denkt an die relative Unzweckmäßigkeit als ein Ergebnis des sich selbst überlassenen Mechanismus und eine von Fall zu Fall korrigierende Ergänzung durch übermechanische Kräfte.

Alle Vitalismenfragen drehen sich schließlich um das Problem der kompliziert zweckmäßigen Selbstformung. Nicht der Stoff ist das Rätsel, nicht die Kraft, sondern die Gestalt. Die unbelebten Naturkörper haben auch die Selbstformung. Wir können uns diese Selbstformungen in leidlicher Weise aus letzten einfachen Gestalten und Bewegungsgesetzen zusammenbauen. Wo nun unser Bauvermögen zu Ende ist, dort vermuten wir leicht ein Ende des Bauvermögens der Natur mit letzten Teilchen und ein-

fachen Bewegungsgesetzen. Es ist wohl zu unterscheiden zwischen der Unmöglichkeit, diese Bauprobleme durch menschlichen Witz nachzulösen, und der Behauptung, daß das, was wir nicht begreifen, nicht sei. Ich glaube, daß man sich das Problem schwieriger macht, als es ohnehin ist und bleibt, indem man immer vom Zellkerne und vom Cytoplasma, und zu wenig von der lebenden und gestaltenden, im Raume orientieren könnenden Zellhaut spricht. Noch im Jahre 1892 war J. Wiesner[1] genötigt, für den lebenden Charakter wenigstens der jugendlichen vegetabilischen Zellhaut einen förmlichen Beweis gegen die damals noch so gut wie allein herrschende Meinung vom Gegenteile anzutreten. Mir scheint es sehr wichtig zu sein, daß die aus dem Zellkerne auswandernden Lebenseinheiten, wenigstens die meisten Arten dieser Einheiten, chemisch unversehrt durch den Zelleib an die jugendliche Zellhaut gelangen, dort anwachsen, fortleben, sich vermehren und so die Grundlage für den Charakter der Zellwände künftiger Zellen mit gleichzeitig bestimmter Anordnung im Raume abgeben können. Nur so bekommt man festen Boden unter die Füße. Die zweite Frage lautet dann allerdings, ob diese Selbstorientierung der letzten Lebenseinheiten gegeneinander schon im ersten Wandbelage der befruchteten Eizelle so zweckmäßig erfolge, daß die Embryonalentwicklung dadurch geleitet wird. Ja weiter, ob auch diese Selbstorientierung für jede neue Generation in der artgleichen Weise erfolgen müsse? Die Formenbeständigkeit ist nämlich schwieriger zu begreifen als die Abänderung. Die Wahrscheinlichkeit der immer artgleichen Selbstorientierung des ersten Wandbelages

[1] Die Elementarstruktur, Wien 1892, Seite 127, 137 ff. und 238 ff.

durch molekulare Anziehung zwischen heterogenen Molekülen habe ich an einer früheren Stelle[1] zu gewinnen versucht. Jede gegebene Menge heterogener Biomoleküle wird sich in einer und nur in dieser einen Weise nach der Ordnung der chemischen Affinitätsreste als Wandbelag aggregieren können. Ergibt dieser eine Wandbelag keine Möglichkeit einer Embryonalentwicklung, so wird die ganze Anlage für immer durch Selektion beseitigt. Ergibt aber jener andere Wandbelag eine Möglichkeit des sich forterhaltenden Lebens, so erhält er sich eben, und mit ihm erhält sich im Zellkerne das Keimplasma.

Natürlich setzt diese Annahme voraus, daß die letzten Lebenseinheiten Moleküle sind, die sich durch molekulare Anziehung aggregieren können, und zwar zu einem weichen, flächenhaften Wandbelage. Mit einem bleibenden Zusammenschlusse vieler heterogener Moleküle zu einer Keimplasma-Einheit wüßte ich nichts anzufangen. Es würde mir daraus eine Verlegenheit entstehen, die Organisation aus dem Kerne an die Zellhaut wandern zu lassen, und ich wüßte auch nicht, wie ich mir die Ausbreitung zu einer Wandbekleidung vorstellen könnte.

Andrerseits muß ich den Biomolekülen relativ haltbare chemische Konstitutionen zuschreiben. Es genügt nicht, daß die Zellwand einen festen Boden für die Hypothese abgibt. Es muß auch etwas relativ Beständiges an der Zellwand anwachsen. Je labiler das Biomolekül angenommen wird, desto größer wird die Schwierigkeit, eine bestimmte und beharrlich wiederkehrende Gestalt aus dem Stoffe und seiner Bewegung herauszuerklären. Die zu starke Veränderlichkeit der chemischen Konstitution verlangt geradezu eine Er-

[1] Seite 233 ff.

gänzung der Erklärung der Gestalt durch vitalistische Mittel. Aus dieser Schwierigkeit kann man entkommen, wenn man das Biomolekül nicht wie einen kleinen Organismus behandelt, der selbst wiederum atmen, d. h. oxydiert werden muß, um nicht zu ersticken; der selbst wiederum einen inneren Stoffwechsel hat; der selbst seine chemische Konstitution durch chemische Betriebsfunktionen am Leben erhalten muß. Man entkommt dieser Schwierigkeit, wenn man den Stoffwechsel als Spaltungen auffaßt, die vorzugsweise die unbelebten, eindringenden und auszuscheidenden Moleküle erfahren. Dieser Stoffwechsel umgibt, umströmt dann die relativ haltbaren Biomoleküle, die dem Stoffwechsel nur jene Produkte entnehmen, die sie synthetisch zur Selbstverdoppelung durch Apposition brauchen können. Die Spaltungsarbeit muß durch eine eigene Klasse lebender Diffissormoleküle besorgt werden, die vermutlich vorzugsweise im Cytoplasma sich befinden. Ebenso müßte die Atmung als eine Sauerstoffübertragung durch besondere lebende Oxydatormoleküle erfolgen, und die Gegenstände der Oxydation wären dann nicht atmende, am Leben bleibende Biomoleküle, sondern die dem Stoffwechsel verfallenen unbelebten Moleküle.

Wenn sich dieser Weg auch als ungangbar erweisen sollte, dann dürfte der Vitalismus in seinen verschiedenen Formen für lange Zeit, vielleicht für immer allein übrig bleiben. Vorläufig ist aber dieser Weg noch gar nicht versucht worden; er scheint der hypothetischen Konstruktion keine unüberwindlichen Schwierigkeiten zu bereiten und mit den Tatsachen der „Mosaiktheorie“ am besten zu stimmen.

Literatur.

Außer den früher zitierten Werken:

Kant, Kritik der Urteilskraft.

Lotze, Artikel über die Lebenskraft in Wagners Handwörterbuch der Physiologie.

Tylor, Die Anfänge der Kultur, 2 Bde., deutsch von Spengel und Poske, Leipzig 1873.

Pflüger, Die theologische Mechanik der lebendigen Natur, Bonn 1877.

Rindfleisch, Ärztliche Philosophie, Rektoratsrede, 1888.

Verworn, Max, Allgemeine Physiologie, 1895, 4. Auflage 1903.

Ostwald, Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus, Leipzig 1895.

Edward Drinker Cope, The primary factors of organic evolution, 1896.

Bunge, Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie, Leipzig, 4. Auflage 1898. Erste Vorlesung: Vitalismus und Mechanismus.

Bütschli, Mechanismus und Vitalismus, Leipzig 1901.

Neumeister, Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen, Jena 1903.

K. C. Schneider, Vitalismus, Wien 1903.

L. Rhumbler, Zellenmechanik und Zellenleben, Leipzig 1904.

E. v. Hartmann, Philosophie des Unbewußten, 3. Teil, auch Vorwort der 11. Auflage 1904.

Houston Stewart Chamberlain, Immanuel Kant, München 1905. Fünfter Vortrag: Plato, Exkurs über das Wesen des Lebens.

Verworn, Max, Prinzipienfragen in der Naturwissenschaft, 1905.

Lehmann, Otto, Flüssige Kristalle und die Theorien des Lebens, 1906.

Wiesner, J., Die organoiden Gebilde der Pflanze. Lieben-Festschrift, Leipzig 1906, Seite 448 ff.

Lehmann, Otto, Die scheinbar lebenden Kristalle, 1907.
Ebner v. Rofenstein, Das Strukturproblem der lebenden Substanz, Inaugurationsrede, Wien 1907.
Kassowitz, Max, Welt — Leben — Seele, Wien 1908.

Gleichzeitig mit der Fertigstellung des letzten Bogens dieses Bandes erschien ein interessantes Buch von

Schultz, Julius, Die Maschinen-Theorie des Lebens, Göttingen 1909. Sch. konstruiert einen Assimilationstypus, der zwischen der relativ haltbaren chemischen Konstitution des Biomoleküles und der stetigen chemischen Veränderung die Mitte einhält, indem die relativ haltbare chemische Konstitution der Hauptkette zugeschrieben wird, und die lebhafte chemische Veränderung den Seitenketten. Im übrigen muß auf das Buch selbst verwiesen werden.



Register.

C. F. Wintersche Buchdruckerei.